



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ

Геологија и Геофизика
Штип

Владко Крстевски

ГЕОМАГНЕТНИ МЕРЕЊА НА РЕФЕРЕНТНИ
ТОЧКИ НА АЕРОДРОМ „АЛЕКСАНДАР ВЕЛИКИ“
СКОПЈЕ

-МАГИСТЕРСКИ ТРУД-

Штип, јули 2011

Комисија за оценка и одбрана

Претседател: Гоше Петров
Проф. Д-р. , УГД Штип

Член – Ментор: Тодор Делипетров
Проф. Д-р. , УГД Штип

Член: Јордан Живановиќ
Проф. Д-р. , УГД Штип

Благодарност

Магистерскиот труд е работен под менторство на проф. Д-р Тодор Делипетров и ја користам оваа прилика да му се заблагодарам за помошта, соработката и поддршката во текот на изработката на овој труд и сите практични и истражувачки работи.

Исто така ја користам можноста да искажам благодарност до мојата сопруга за нејзиното разбирање и поддршка во сите моменти на моето дообразование.

Помошта, сугестиите и посветеното време од страна на М-р Марјан Делипетров и М-р Благица Донева го ценам и им заблагодарам.

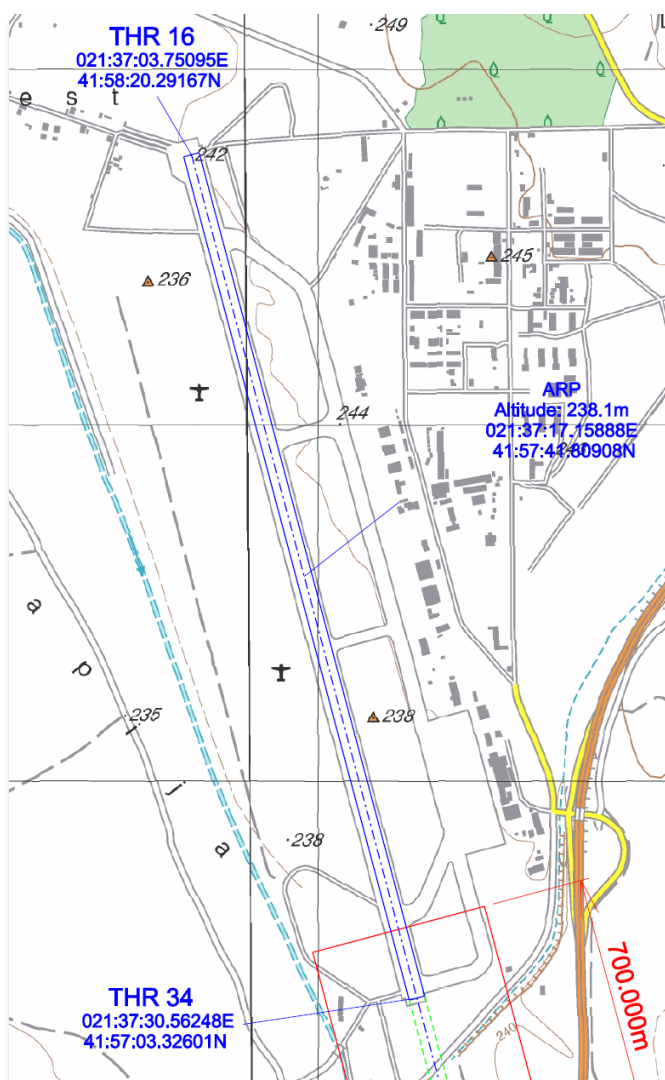
ГЕОМАГНЕТНИ МЕРЕЊА НА РЕФЕРЕНТНИ ТОЧКИ НА АЕРОДРОМ „АЛЕКСАНДАР ВЕЛИКИ“ СКОПЈЕ

Краток извадок

За потребите на оваа магистерска работа беа направени мерења на вкупното магнетно поле на Аеродромот „Александар Велики“, поточно на и околу полетно-слетната писта на аеродромот. Беа избрани 40-тина мерни референтни точки, обрнувајќи посебен акцент на праговите на полетно-слетната писта (прагот 16 и 34) каде и густината на референтните точки е најголема.

Мерењата беа извршени во одлични временски услови, сончев ден со температура од 20 степени Целзјусови. Во текот на мерењето беа превземени сите мерки, како од аспект на безбедност на учесниците во мерењето, во однос на сообраќајот на воздухопловите (во повеќе наврати моравме да се повлекуваме на помошните патишта додека пистата повторно биде слободна), така и од мерките за магнетна инфлуенца од самите учесници.

Полетно-слетната писта на аеродромот „Александар Велики“ е долга 2045 метри и широка 42 метри. Се наоѓа на надморска висина од 238.1 метар



Полетно-слетна писта на аеродром
„Александар Велики“

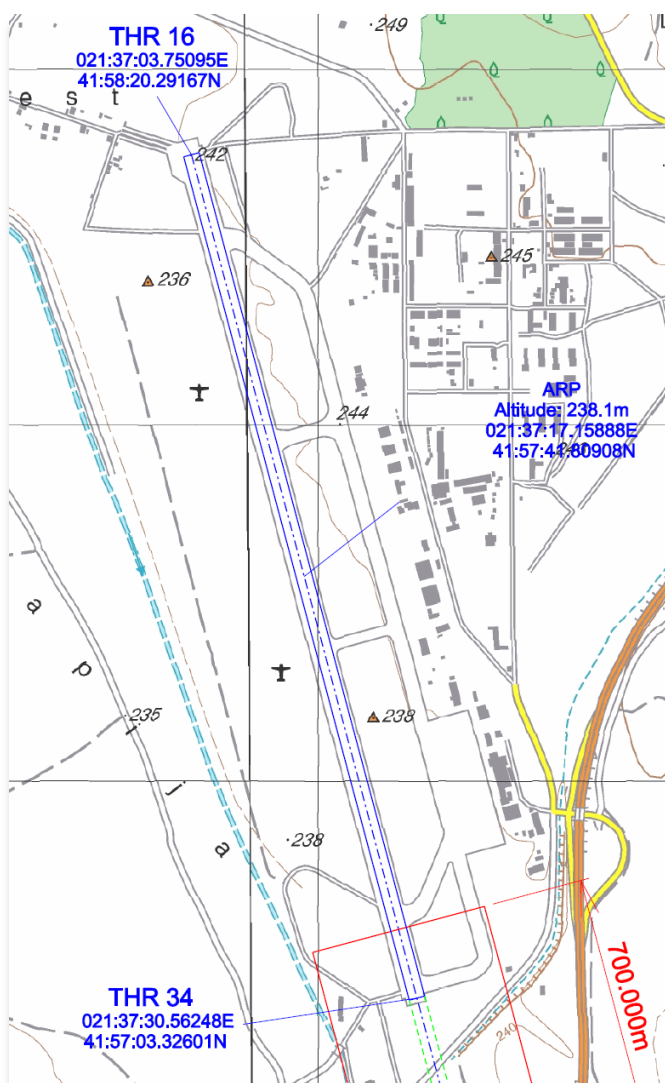
Клучни зборови

- Компас роза
- Мерење со два деклинометри
- Томлинсон метод
- Магнетена Деклинација
- Аеродром „Александар Велики“

GEOMAGNETIC MEASUREMENT ON REFERENCE POINT AT THE AIRPORT ALEXANDER THE GREAT SKOPJE

Abstract

For purposes of this Master thesis, measurements were made of total magnetic field on the airport "Alexander the Great", specifically in and around runway airport. Were selected 40 reference measurement points, paying particular emphasis on the threshold of the runway (threshold 16 and 34) where the density of reference points are greatest. Measurements were carried out in excellent weather, sunny day temperature of 20 degrees Celsius. During the measurements were taken all measures in terms of safety of participants in accordance with traffic of aircraft (on several occasions we had to retreat of the auxiliary roads while the runway again be free) and the measures for magnetic influenza participants themselves. Runway airport "Alexander the Great" is a long 2045 meters and 42 meters wide. Located at an altitude of 238.1 meters



Runway on airport "Alexander the Great"

Key words

- Compass Rose
- Measuring with two declinometers
- Tomlinson method
- Magnet Declination
- Airport "Alexander the Great"

Содржина

1 Вовед	9
2 Цел на истражувањето	10
3 Планета Земја и магнетно поле	11
3.1 Земјино Магнетно Поле	11
3.2 Магнетни Полови	11
3.3 Карактеристики на Земјиното Поле	12
4 Геомагнетно поле на Република Македонија	17
4.1 Мрежа на геомагнетните станици	18
4.2 Елементи на геомагнетно поле на Република Македонија за епоха 2010 година	19
4.3 Карти на деклинација, инклинација и тотално поле на Република Македонија за епоха 2010	20
5 Геомагнетна деклинација и Авијација	23
5.1 Магнетен Компас	23
5.2 Компас Роза	25
5.3 Меѓусебно мерење со два деклинометри	26
5.4 Томлинсон метод	27
6 Магнетниот азимут на аеродромска писта	29
6.1 Одредување на магнетниот азимут на аеродромска писта	29
6.2 Начин на мерење на магнетниот азимут на аеродромска писта	30
7 Геомагнетни мерни инструменти	32
7.1 Магнетометри	32
7.2 Протон магнетометар	34
7.3 DIFlux магнетометар	41
8 Мерење на магнетната деклинација на аеродромите во Бугарија	46
9 Геомагнетни истражувања на аеродроми во САД	49
9.1 ФАА барања	50
9.2 Одредување на локација	52
9.2.1 Прелиминарна оценка на локација	53
9.2.2 Истражување на вкупното магнетно поле	53
9.2.2.1 Процедура за испитување на вкупното магнетно поле	54

9.2.2.2 Одлука за локацијата	55
9.2.3 Истражување на магнетната деклинација	55
9.2.3.1 Тест точки	56
9.2.3.2 Географски север.....	58
9.2.3.3 Истражување на магнетната деклинација	59
9.2.3.4 Дневни варијации.....	60
9.2.3.5 Завршен извештај и препораки.....	60
10 Мерења на Аеродром Скопје.....	61
11 Локација за компас роза на Аеродром „Александар Велики“	71
12 Заклучок	74
13 Прилози	76
14 Користена литература (References)	105

1 Вовед

Геомагнетното поле е одраз на градбата на Земјата, процесите во неа, како и надворешните влијанија.

Тоа поле е претставено како збир од три компоненти:

- Нормално геомагнетно поле кое е одраз на причинителите на магнетизам во јадрото и обвивката. Во оваа компонента се вклучени и причинителите кои се во длабочината на земјината кора, но по своето простирање ја зафаќаат целата територија на Република Македонија;

- Регионално геомагнетно аномално поле, кое е под влијание на карактеристичните генератори на магнетното поле, во издвоените неотектонски зони на територијата на Република Македонија;

- Локално геомагнетно аномално поле кое директно е во корелација со геолошките структури во горниот дел на земјината кора кои имаат изразени магнетни својства (зголемена концентрација на феромагнетични минерали).

Територијата на Република Македонија, како дел од Алпскиот ороген на Балканскиот полуостров, се карактеризира со многу сложена геолошка градба, каде се издвоени структурни сегмент - зони кои се простираат пошироко од Балканскиот регион. Најновата геолошка историја, неотектонската етапа, со влијанието на различни геолошки процеси, ги издвоила овие зони како посебни целини. Различната геолошка градба и процесите кои се одвиваат на овие простори имаат влијание врз структурата на геомагнетното поле. На територијата на Европа не може да се издвои таква мала територија како Република Македонија, а воедно да има така сложена геолошка градба, соодветно на тоа и сложена структура на локалното геомагнетно поле.

2 Цел на истражувањето

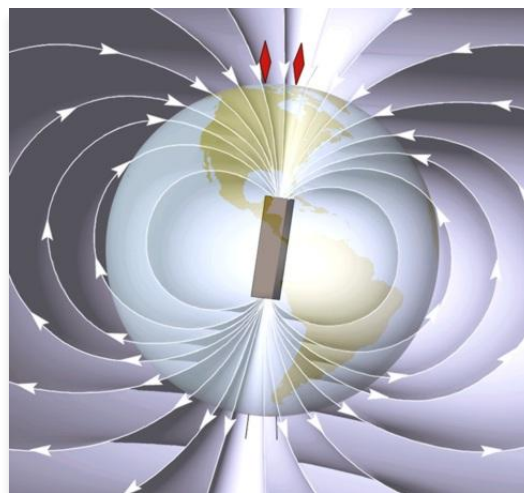
За реализација на овој труд беа поставени следните цели:

1. Истражувања на геомагнетното поле на аеродромот „Александар Велики“;
2. Набљудување на геомагнетното поле со опрема од Катедрата, односно за првпат нејзино користење при теренски мерења на површини од ваков тип;
3. Изработка на карти на тоталниот вектор на геомагнетното поле на полетно-слетната писта на аеродромот „Александар Велики“;
4. Спроведување на теренски мерења и проучувања на геомагнетното поле во рамките на овој труд имаат за цел за прв пат да се прикаже визуелно тоталното геомагнетно поле на полетно-слетната писта на аеродромот „Александар Велики“
5. Пред-проценка на можна локација за изработка на компас роза на аеродромот „Александар Велики“

3 Планета Земја и магнетно поле

3.1 Земјино Магнетно Поле

Магнетното поле на нашата планета – Земја, може да се претстави како поле на голем диполов магнет (слика 1), чии што еден пол се наоѓа во близината на северниот географски пол, а другиот во близината на јужниот географски пол. Замислената линија која ги спојува магнетните полови се поклопува со оската на ротација на Земјата кој е 11.5° . Настанувањето на магнетното поле на Земјата се објаснува со Геодинамовата теорија.



(Слика 1) Земја – Диполов магнет

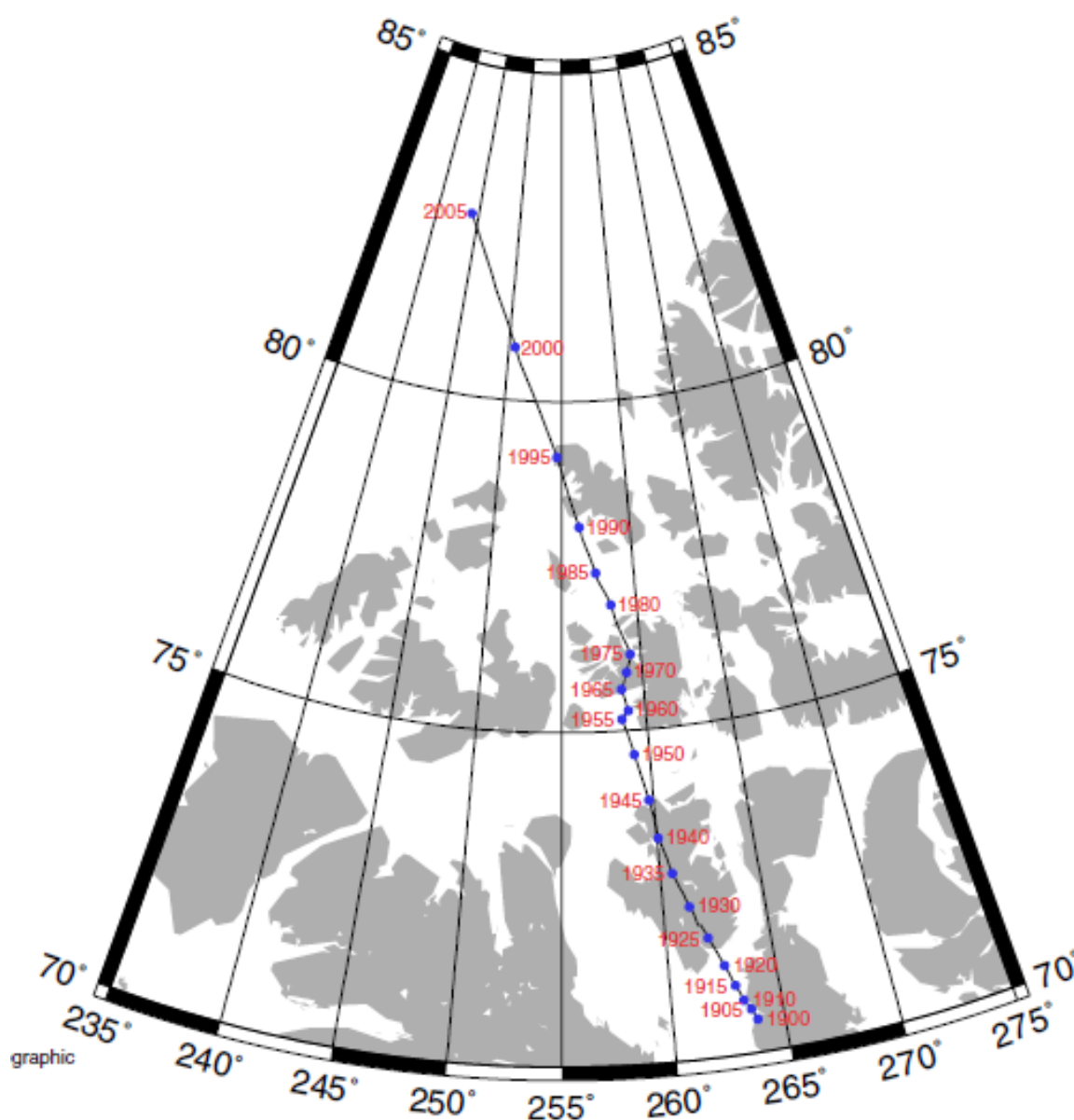
(Figure 1) Earth – Dipole magnet

3.2 Магнетни Полови

Магнетните полови на Земјата се локации на Земјината површина (со површини од неколку квадратни километри) каде силата на магнетните линии се нормални во однос на површината на Земјата. На магнетните полови инклинацијата е еднаква на 90° . На магнетниот пол, компасот (чија што игла осцилира само во хоризонтална површина), ќе покажува најразлични правци. Географската позиција на половите не е статична и има просечно годишно поместување од 15 км. Во табела 1 се претставени усвоените позициите на половите со мерењата во соодветните години, а на слика 2 е графички презентирано истото во подолг временски период (од 1900 година).

Table 1 Magnetic pole positions
Табела 1 Географска позиција на Магнетните полови

North Magnetic Pole Северен Магнетен Пол	(2001) 81°18'N 110°48'W	(2004 est) 82°18'N 113°24'W	(2005 est) 82°42'N 114°24'W
South Magnetic Pole Јужен Магнетен Пол	(1998) 64°36'S 138°30'E	(2004 est) 63°30'S 138°00'E	(2005 est) 63°06'S 137°30'E

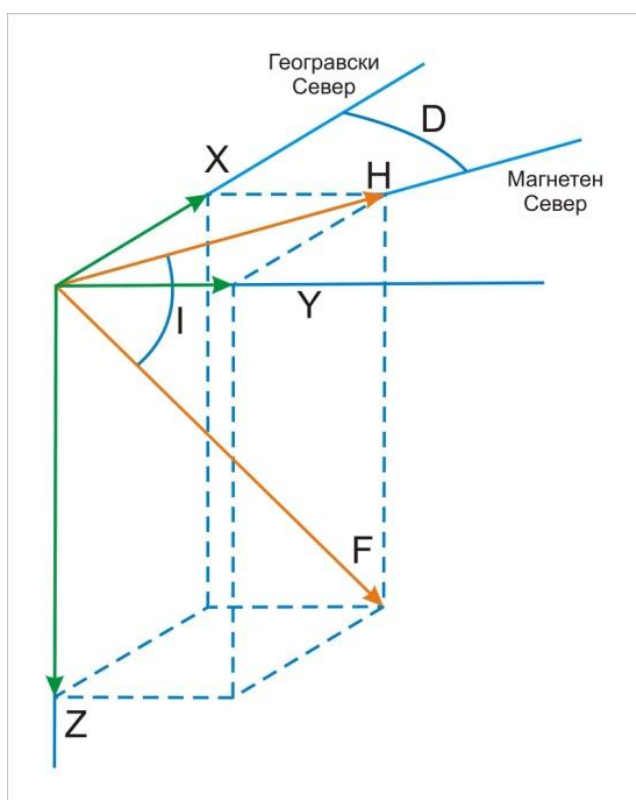


(Слика 2) Географска позиција на Магнетните полови
(Figure 2) Magnetic pole positions

3.3 Карактеристики на Земјиното Поле

Магнетното поле на Земјата е слично на полето кое го образува прачкаст магнет. Оваа сличност се однесува само на обликот на силовите линии, а никако со останатите карактеристики на магнетното поле. Додека кај прачкастиот магнет или бил кој друг постојан магнет магнетното поле е последица на самите атоми на железото, а кај Земјата тоа е последица на електричните струи кои настануваат поради релативното движење на Земјиното јадро.

За да го измериме Земјиното магнетно поле на било кое место, мораме да ги измериме правецот и интензитетот на полето. Овде ќе разгледаме математички, како би изгледало тоа и кои елементи се појавуваат во процесот на изразување на векторот на магнетното поле во точката на набљудување т.е. разгледување.



(Слика 3) Векторска презентација
(Figure 3) Vector presentation

Векторот **F** го дефинира интензитетот на магнетното поле во точката на разгледување. Вертикалната рамнина во која лежи векторот на геомагнетното поле се вика геомагнетен меридијан. Вкупниот вектор на геомагнетното поле е опишано од интензитетот **F**, хоризонталната компонента **H** и вертикалната компонента **Z**. Хоризонталната компонента претставува векторски збир на двете компоненти **X** и **Y** (кои може да се наречат северен и источен интензитет соодветно). Вертикалниот агол помеѓу хоризонталната компонента **H** и

векторот на вкупниот интензитет **F**, се нарекува *инклинација I*. Хоризонталниот агол помеѓу рамнината на магнетниот меридијан и географскиот меридијан во истата точка на набљудување се нарекува *агол на деклинација D*. (слика 3) Деклинацијата, инклинацијата и векторот на вкупниот интензитет можат да се добијат со помош на следниве равенства:

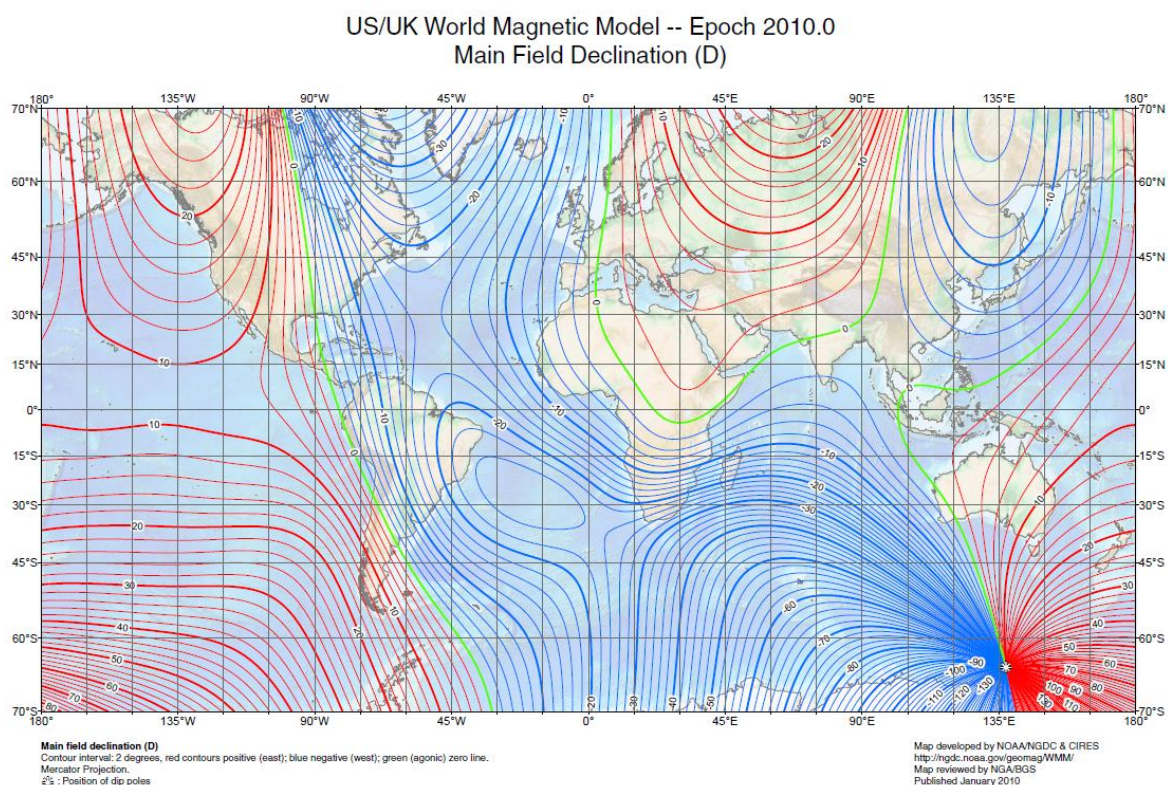
$$D = \arctg \frac{X}{Y}; I = \arctg \frac{Z}{H}; \quad 3.1$$

$$Z = F \sin I = H \operatorname{tg} I; X = H \cos D; Y = H \sin D;$$

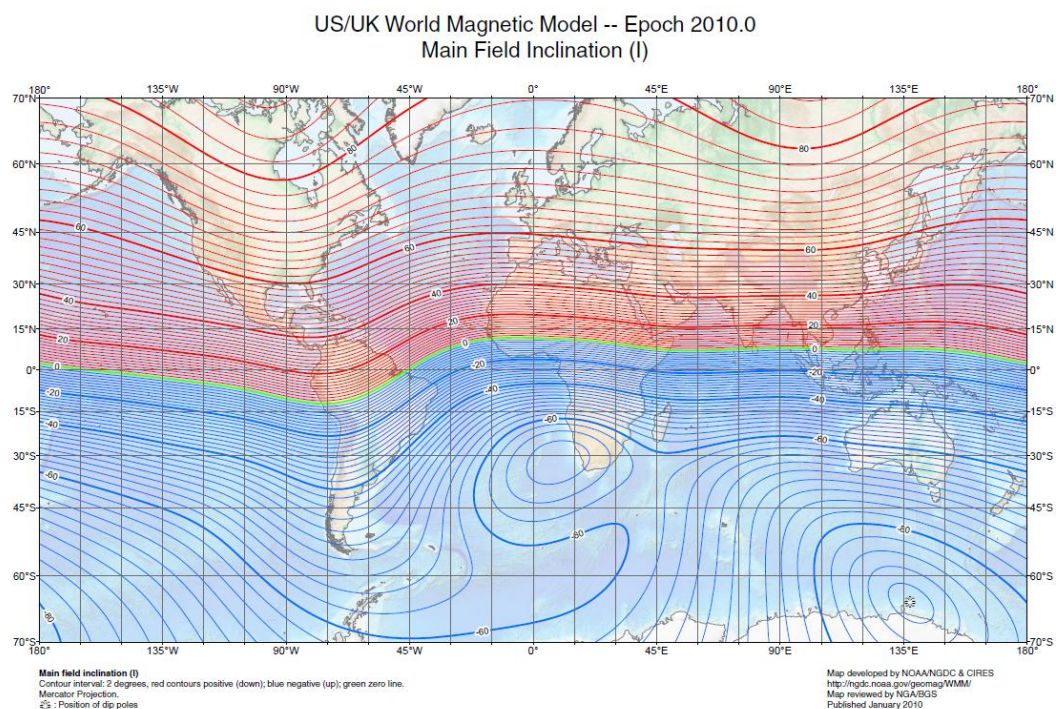
$$F = \sqrt{H^2 + Z^2} \text{ каде } H = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad 3.2$$

Единицата во геомагнетизмот која се користи за индукцијата на магнетното поле т.е. густината на линијата на сила е Тесла (Т). На површината на Земјата, интензитетот на магнетното поле е во рангот од 24000 nT до 66000 nT.

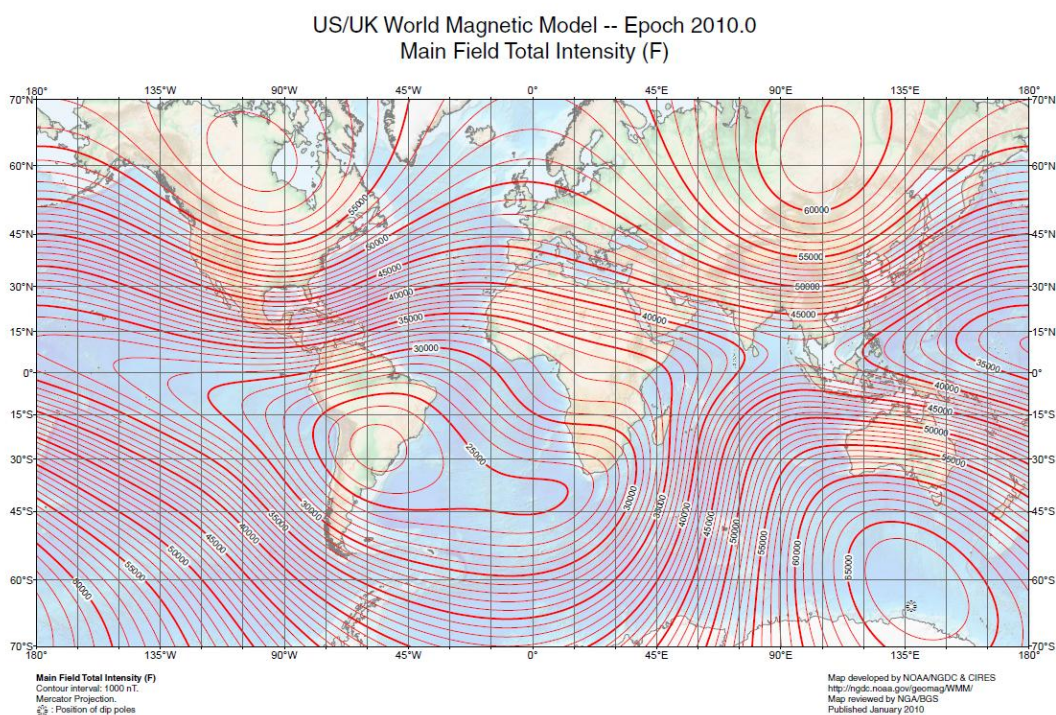
Во продолжение се изработени карти за визуелен приказ на деклинацијата (Слика 4), инклинацијата (Слика 5) и вкупниот интензитетот (Слика 6) на магнетното поле на Земјата.



(Слика 4) Земјина деклинација за Епоха 2010
(Figure 4) Earth declination for Epoch 2010



(Слика 5) Земјина инклинација за Епоха 2010
(Figure 5) Earth Inclination for Epoch 2010



(Слика 6) Земјино вкупно поле за Епоха 2010
(Figure 6) Earth total Intensity for Epoch 2010

Овде можеме да го споменеме и фактот на постоењето на т.н. магнетен екватор, а тоа е местото т.е. линијата на која инклинацијата има вредност 0 (нула). На сликата (Слика 5) тоа е претставено со зелена линија и вредноста е испишана како нула.

4 Геомагнетно поле на Република Македонија

Геомагнетните истражувања може да се поделат во три периоди и тоа: период кој започнал во 19 - ти век и завршува некаде во 1945 година, вториот период е од 1945 до 1991 година кога Република Македонија беше конститутивен дел на Југославија и последен период од осамостојувањето на Македонија во 1991 година.

Во првиот период, поради нестабилните политички услови, како и научно - технолошката заостанатост на Турската империја, а потоа Кралството на Србите, Хрватите и Словенците, во чии граници била и територијата на Република Македонија, само научници од Европските земји, многу ретко, во специјални експедиции вршеле истражувања на магнетното поле на Балканските простори, односно еден мал дел на истражувања и на територијата на Република Македонија. Овие истражувања имаат историска важност, но поради својата инцидентност и многу ретката мрежа на опсервации, не даваат можност за подлабоки научни согледувања на геомагнетното поле на овие простори.

Во периодот на СР Југославија, во близина на Белград, во Гроцка, е формирана геомагнетна опсерваторија која ги организираше и спроведувала геомагнетните истражувања од аспект на перманентно опсервирање на геомагнетното поле и повремени периодични мерења на геомагнетните станици ширум Југославија, а исто така, ги раководела и сите други теренски истражувања од аспект на дефинирање на простори со геомагнетни аномалии. Од развиената мрежа на геомагнетни станици, во Република Македонија биле станиците во Охрид и Струмица.

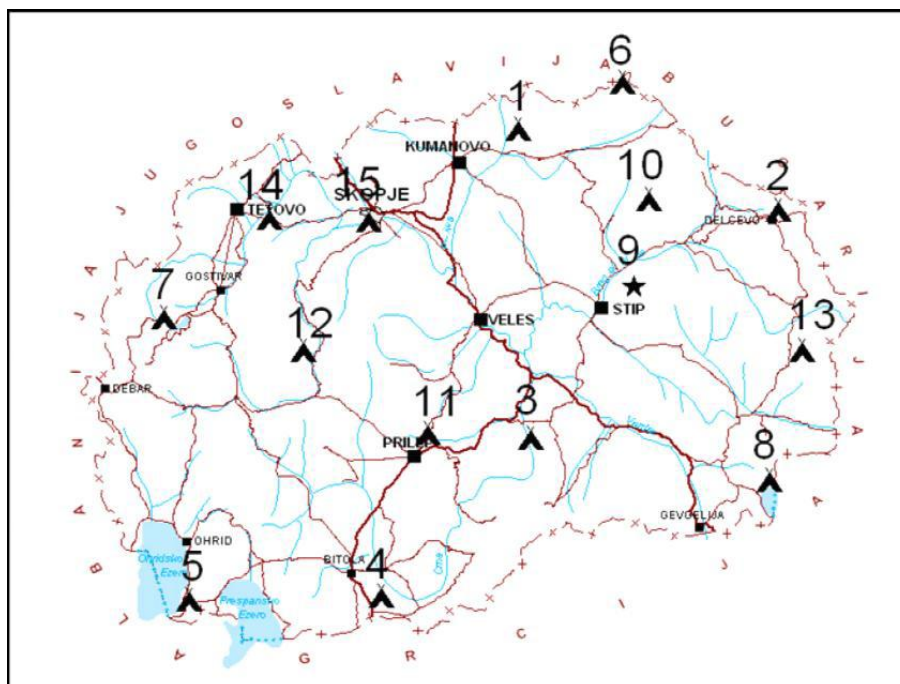
Во периодот по 2000 година, започната е соработка со Кралскиот Метеоролошки Институт, Геомагнетна опсерваторија во Дурбс, Белгија на чело со д-р Жан Расон и Катедрата за геологија и геофизика при Рударско -

геолошкиот факултет во Штип. Вршени се интензивни проучувања на геомагнетното поле на Република Македонија. Во тој период е поставена основната мрежа на мерни станици (repeat stations) и избрана е локација за геомагнетна опсерваторија.

4.1 Мрежа на геомагнетните станици

За потполно следење на геомагнетното поле на даден простор, потребно е да има основна мрежа на станици за периодично набљудување на полето и геомагнетна опсерваторија која перманентно ги мери временските промени на геомагнетното поле.

За дефинирањето на коефициентите на зависност на геомагнетното поле од географската ширина и должина на дадена точка за определен простор (вообичаено држава), покрај постоењето на геомагнетна опсерваторија која е реперна точка, потребна е релативно хомогена мрежа на геомагнетни станици. Извршените обемни теренски истражувања, овозможува дефинирање на 15 точки на територијата на Република Македонија, кои ја сочинуваат мрежата на геомагнетни станици.



(Слика 7) Карта на геомагнетни станици Република Македонија
(Figure 7) Geomagnet station in Republic of Macedonia

Основната мрежа на геомагнетните станици служи за периодични мерења на тие точки во интервал од 3 - 5 години и врз база на опсервираните податоци се формира геомагнетен модел за таа територија.

За дадена епоха (период од пет години) може да се пресмета вредноста на било која компонента на геомагнетното поле за дадена точка која припаѓа на просторот (држава) што ја покрива геомагнетната опсерваторија со координати.

(Табела 2) Координати на мерните точки
(Table 2) Coordinates of measurement points

Мерна точка	Географска ширина	Географска должина	Висина
БАЈЛОВЦЕ	42° 13' 16"	21° 55' 17"	592 m
ЦРНА СКАЛА	41° 59' 41"	22° 47' 28"	833 m
ЕГРИ	41° 23' 15"	21° 57' 06"	626 m
ГАЛИЧИЦА	40° 57' 56"	21° 26' 54"	1684 m
ОСТРОВОТ ГРАДОТ	40° 57' 23"	20° 48' 51"	317 m
ЛУКЕ	42° 20' 39"	22° 16' 29"	1180 m
МАВРОВО	41° 42' 58"	20° 43' 38"	1418 m
НИКОЛИЧ	41° 15' 54"	22° 44' 36"	300 m
ПЛАЧКОВИЦА	41° 47' 41"	22° 18' 13"	677 m
ПОНИКВА	42° 01' 35"	22° 21' 29"	1618 m
ПРИЛЕПСКО ЕЗЕРО	41° 24' 11"	21° 36' 32"	870 m
СЛИВНИЦА	41° 37' 38"	21° 11' 36"	1252 m
СВ. МАРИЈА ПРЕЧЕСНА	41° 36' 54"	22° 51' 46"	837 m
ТЕТОВО	41° 59' 09"	21° 04' 46"	522 m
ВОДНО	41° 58' 40"	21° 24' 57"	569 m

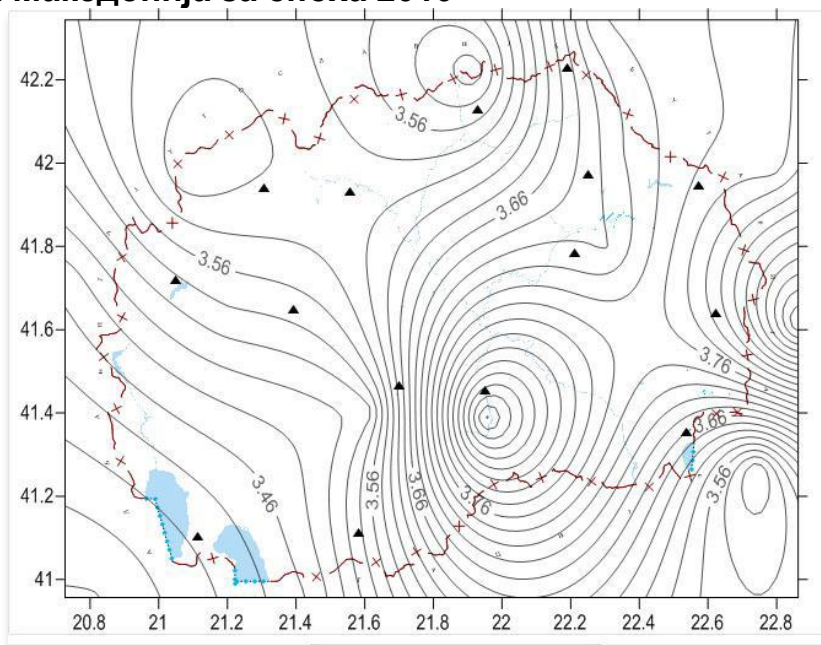
4.2 Елементи на геомагнетно поле на Република Македонија за епоха 2010 година

За одржување на континуитетот, а посебно за докторската теза на М-р Марјан Делипетров, се спроведени теренски мерења на мерните станици во државата (Табела 2). Овие мерења се извршени во период од 2007 заклучно со 2009 година. За дел на податоците е извршена временска корекција за да се сведат на мерен период од 2010 година (Табела 3).

(Табела 3) Сведени мерни резултати за Епоха 2010
(Table 3) Reduced measurement results for the Epoch 2010

Станици	D	I	T	H	X	Y	Z
Галичица	3,378	57,276	46271	25014	24970	1474	38927
Егри	3,465	57,367	46330	24984	24938	1510	39016
Св. Марија							
Пречесна	3,533	58,039	46453	24590	24543	1515	39411
Маврово	3,466	58,122	46451	24531	24486	1483	39445
Прилепско							
Езеро	3,509	57,854	46567	24777	24731	1517	39428
Водно	3,597	58,298	46671	24526	24477	1539	39707
Бајловце	3,507	58,850	46675	24144	24099	1477	39945
Пониква	3,721	58,603	46750	24355	24304	1581	39905
Плачковица	3,698	58,217	46575	24531	24480	1582	39591
Луке	3,737	59,005	46235	23809	23759	1552	39633
Тетово	3,617	58,346	46683	24499	24450	1546	39738
Островот							
Градот	3,946	57,667	46327	24777	24719	1685	39144
Николич	3,499	57,823	46493	24759	24713	1511	39352
Сливница	3,983	58,166	46607	24583	24524	1708	39596
Црна Скала	3,769	58,244	46903	24685	24632	1623	39881

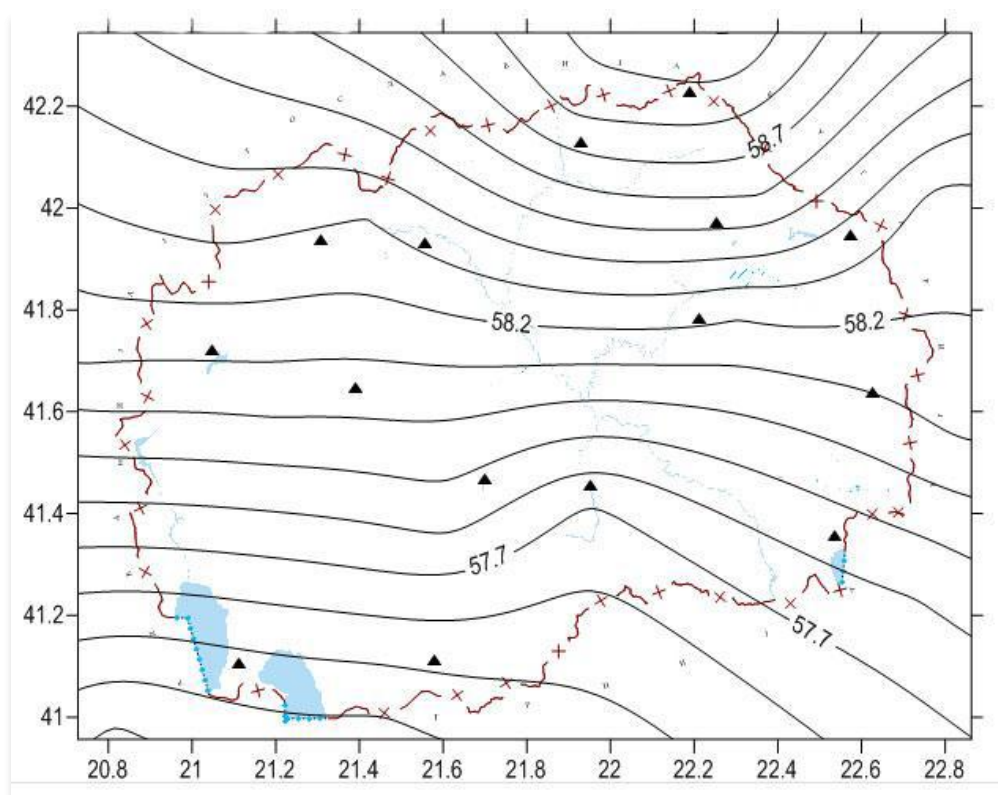
4.3 Карти на деклинација, инклинација и тотално поле на Република Македонија за епоха 2010



(Слика 8) Деклинациска карта на Македонија за Епоха 2010
(Figure 8) Declination map of Macedonia for Epoch 2010

Деклинацијата на набљудуваната територија варира од 3,3780 на мерната точка Галичица до најголемата вредност од 3,9830 на станицата Сливница. Деклинацијата варира во интервалот $\Delta D=0,6050$.

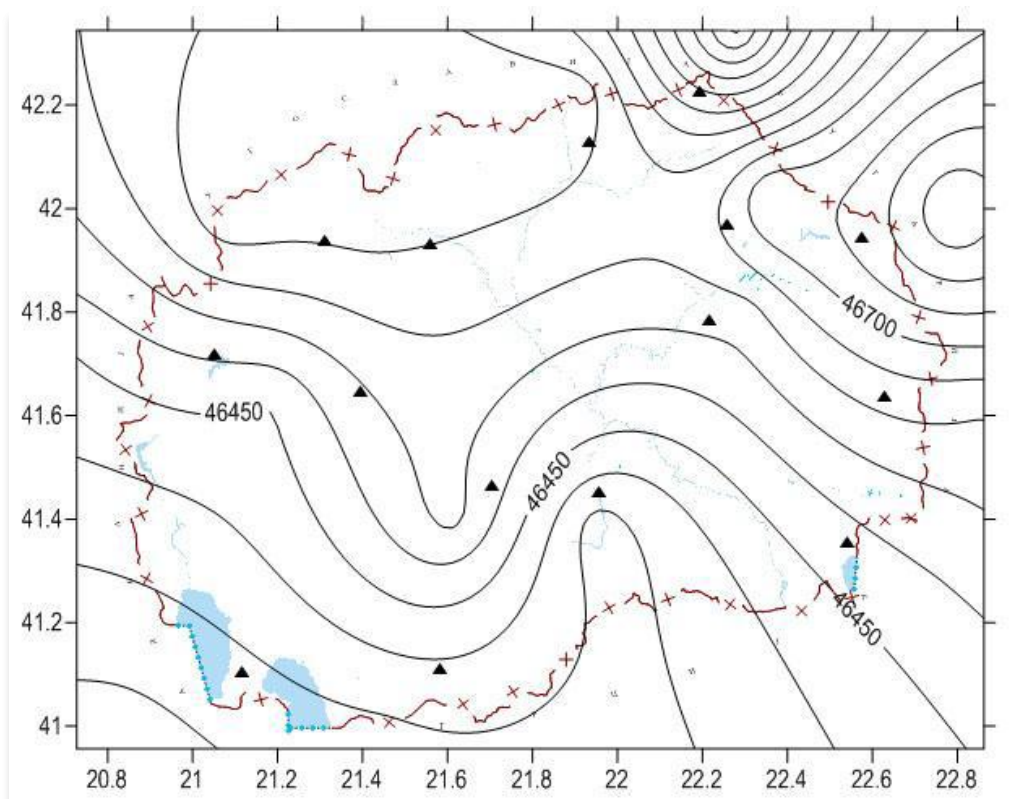
Анализата на полето на деклинацијата покажува дека на набљудуваната територија се издвојува екстрем во централниот-јужен дел, во близината на мерната станица Островот Градот. Полето е најмирно во западниот и северозападниот дел, што треба да се очекува според геолошката градба.



(Слика 9) Инклинациска карта на Македонија за Епоха 2010
(Figure 9) Inclination map of Macedonia for Epoch 2010

Според набљудувањата, инклинацијата варира од Галичица $57,276^{\circ} \leq I \leq 59,005^{\circ}$ Луке. Инклинацијата варира во интервал $\Delta I=0,8490$.

Полето на инклинацијата I во однос на полето на деклинацијата е многу похомогено и релативно мирно. Има благо повивање на изолиниите во централниот јужен дел.



(Слика 10) Карта на тоталното поле на Македонија за Епоха 2010
(Figure 10) Map of total field of Macedonia for Epoch 2010

Вредностите на набљудуваните мерни точки на тоталното поле T варираат во интервал од 46235 nT на мерната точка Луке до 46 903 nT на станицата Црна Скала. Интервалот на варијација е $\Delta T = 371,0$ nT.

Полето е релативно мирно со повивање на изолиниите во централниот јужен дел како и во североисточниот дел.

5 Геомагнетна деклинација и Авијација

5.1 Магнетен Компас

Геомагнетната деклинација дава можност – навигација и насочување кон сакана дестинација со помош на магнетен компас. Принципот на работа на магнетниот компас е да го прикаже правецот кон Север на степенасто обележана хоризонтална кружна подлога. Компасот го прикажува правецот кон Магнетниот Север, кој е различен од вистинскиот географски Север. Оваа разлика меѓу двата правци се нарекува магнетната деклинација.

Основни правила за компасот да работи како навигациски уред мора да ги задоволи следните работи:

- Компасот мора да работи правилно
- Компасот не смее да биде нарушен од лажно магнетно поле (во близина) или тоа треба да биде компензирано
- Хоризонталната компонента на геомагнетното поле мора да е доволно јака да може да ја покрене (придвижи) иглата на компасот
- Магнетната деклинација мора да биде позната за одредената локација на која компасот се употребува за да се раздвои вистинскиот географски Север од Магнетниот Север.

Авијацијата интензивно го користи магнетниот компас како навигациска алатка. Се разбира дека комерцијалната авијација има и други пософистицирани навигациски уреди, но во однос на малите авиони, пример спортската авијација, овој уред е примарно средство, а не изостанува и како дополнително помошно средство во големите авиони. На самите аеродроми постои задолжение за редовно калибрирање на земските навигациски уреди од интерес на безбедност во воздухопловството. Овде треба да се напомене дека постои и потреба од корегирани „up to date,, вредност на магнетната деклинација на аеродромот.

Во продолжение ќе разгледаме некои методи т.е. процедури за изработка на правилна и потврдена т.н. компас роза, поради фактот што при нејзина грешка или неправилност, процесот за нова изработка е долг со многубројни мерења. Констатирањето на азимутот на аеродромската писта е многу поедноставно и само ќе биде напоменет.

Некои основни дефиниции, често користени поими поврзани со геомагнетизмот и магнетната навигација се :

- **Азимут:** Агол во однос на географски Север
- **Магнетен меридијан:** Вертикална рамнина која го содржи геомагнетниот вектор
- **Магнетна деклинација:** Агол на хоризонтално отклонување на магнетниот меридијан
- **Магнетна варијација:** Овој израз се користи како замена за „магнетна деклинација,, во воздухопловството
- **Секуларна варијација:** Промена на магнетната деклинација низ времето за една локација изразена во минути / годишно
- **Компас роза:** Степенуван круг на компасот, со екстензија во вид на шаблон за калибрираноста на компасот
- **VOR :** VHF Omni directional Ranging – електронски уред лоциран на различни места во државата, како помош во навигацијата на авионите
- **Heading:** Аголот на траекторијата (брзинскиот вектор) на движење на авионот
- **Изогонална карта:** Карта на просторното простирање на вредностите на магнетната деклинација како континуирани линии
- **Јак и слаб магнетизам:** Јак „Hard,, се реферира на постојан магнет кој и по отстранување на надворешно поле ќе ги има магнетните својства, слаб „Soft,, се реферира на магнет кој ги има својствата се додека постои надворешно поле кое тоа го предизвикува

5.2 Компас Роза

AIRCRAFT COMPASS		
DATE	
	FOR	STEER
N	000°	000°
	030°	033°
	060°	060°
E	090°	095°
	120°	120°
	150°	149°
S	180°	175°
	210°	205°
	240°	234°
W	270°	265°
	300°	294°
	330°	326°
CALIBRATED BY:		

(Слика 11) Компезациона картица
(Figure 11) Compensation card

Врз правецот на позиционирање на иглата од компасот директно влијание имаат железни и метални предмети од самиот авион. За да се редуцира ефектот на девијација т.е. надворешното влијание, компасот во авионот мора да се проверува и да се прави компензација со додавање на компензациски магнети. Оваа процедура е наречена „swinging the compass“. Во процесот на компензација, на пример компасот е проверуван во чекор од 30°. Подесувањето е направено на секој степ од овие точки и разликите помеѓу магнетниот правец и правецот кој го покажува компасот се впишуваат во корекционата компас картичка.

При летот пилотот секогаш се референцира на оваа картичка за соодветно подесување на одбраниот „heading“.

За конструирање на Компас Роза (ако веќе не постои на аеродромот), треба да се одбере локација која нема да е премногу фреквентна и да е димензионирана по големина да биде доволно видлива за типовите на авиони кои учествуваат во воздушниот сообраќај на соодветниот аеродром. Во случајот на Скопскиот аеродром позициите за компас роза ќе бидат разгледани понатаму во овој труд. Во секој случај при изборот за соодветна позиција т.е. локација на Компас Роза-та, пред да се започне со било какви мерења мора да се проверат сите можни магнетни нарушувања и инфлуенцата на околните згради, железни канали за кабли и други подземни инсталации кои се главен извор на магнетно пореметување. Секако сите видови на мотори т.е. уреди кои во себеси имаат некој вид на мотор се извор на магнетни пореметувања.

Кога е веќе одредена позицијата за конструирање на Компас Роза-та, потребно е да се изврши т.н. протон магнетометарско испитување, со цел да се открие магнетната чистота на теренот. Како излез од ова мерење се добиваат парчиња на магнетното поле и на магнетна деклинација. (понатаму во Томлинсоновата равенка е претставена врска на овие два параметри). Резултатите од ова испитување ќе ни дадат параметри за конструирање или потреба за барање на друга позиција т.е. локација.

Во зависност од изборот на просторниот чекор на мерења ќе зависи и квалитетот на самата Компас Роза. Повеќе автори (пример е Воздухопловните Цивилни Власти на Обединетото кралство) препорачуваат просторен чекор од 6 метри, со напомена дека магнетните аномалии некогаш е можно да се скриени и во тој простор (во самите 6 метри).

Некои навигациски уреди и уреди за помош при слетување или полетување, продуцираат силно електромагнетно зрачење, кое врши изобличување на осетливите магнетни инструменти, првенствено на протон магнетометарот. На пример Instrument Landing System (ILS) , испраќа моќен сигнал кој не дозволува на протон магнетометарот да прикаже валидни мерења. Од ова се заклучува дека воопшто не е препорачливо поставување на Компас Розата во близина на ваквите уреди.

Постојат повеќе методи за конструирање на Компас Роза-та. Во продолжение на овој труд ќе бидат опширно објаснети стандардите на ФАА и комплетната метода на изработка на компас роза.

5.3 Меѓусебно мерење со два деклинометри

Оваа процедура е опишана во упатствата за калибрирање на инструментите во авионите со опис CAP562 leaflet. Процедурата се базира на принципот на меѓусебните правци со два деклинометри.

Едниот деклинометар е фиксиран во една точка при целото истражување, додека другиот се поместува во различни точки од шемата на истражување. Во секоја точка двата деклинометри се симулирано насочени кон магнетниот Север и се прават исчитувањата на вредностите. Следното исчитување се прави кога деклинометрите ќе бидат насочени еден наспроти друг. Двете исчитувања, добиени во спротивните правци ќе се разликуваат за 180° . Поради ова, ако 180° се одземе од едното исчитување и ако двете исчитувања се одземат едно од друго, разликата ќе биде мерката како ефект од локалното магнетно нарушување – геолошко или од друг извор. Влијанијата на деклинометрите ќе биде идентично (и ќе се анулираат меѓусебно), ако вредностите бидат исчитани во максимален временски интервал од една минута. Оваа процедура ги надминува потребите од соседни (ближни) магнетни опсерватории, наредни корекции на мерните податоци за дневните промени и од далечинска азимутна почетна точка за мерења. Сепак треба да се каже дека наметнува потреба од расположливост на два обучени опсервери и два наменски и доста скапи деклинометри, кои воедно не се стандардна опрема на магнетна опсерваторија.

5.4 Томлинсон метод

Оваа процедура е иновирана од Л.Томлинсон од Еиревел Опсерваторијата во Нов Зеланд, заснована на мерење на едно парче од полето. Затоа брзото мерење со протон магнетометарот дава брза оценка за магнетните линии од компас розата. Томлинсон доаѓа до односот поврзувајќи парче од полето dF_i и отстапувањата на магнетната деклинација dD_i потребна за параметарот $MaxDev$ кој ја одредува класата на компас розата. Тоа е претставено со изразот : $dF_i = I \cdot 0.858 \times H \times \sin I \times \sin (dD_i)$, каде H е хоризонталната компонента на полето и I е магнетната инклинација. Затоа $MaxDev$ параметарот може да се замени со $MaxDev_F$ параметарот валиден за единечен аеродром во согласност со вредностите на H и I од табела 4 .

(Табела 4) Вредности на параметарот MaxDev_F во nT за одредени локации (2004)
(Table 4) Values of the parameter MaxDev_F in nT for different locations (2004)

Location Локација	I [°]	H [nT]	MaxDev_F Class 1 [nT]	MaxDev_F Class 2 [nT]
North magnetic Pole Северн магнетен пол	90	0	0	0
Resolute Bay CA	88.2	1790	3	7
Dourbes BE	65.5	19970	27	68
Skopje MK	58.7	24290	31	78
Ohrid MK	57.7	24740	31	78
Kanoya JP	45.0	32780	35	87
Huancayo PE	1.1	25950	1	2
Kakadu AU	-40.3	35440	34	85
Eyrewell NZ	-68.6	21110	28	70
Terra Nova Bay Ant.	-83.0	7830	11	29
South magnetic Pole Јужен магнетен пол	-90	0	0	0

Очигледно е дека проблемот се јавува кај областите каде $\sin I \sim 0$, затоа се заклучува да Томлинсоновата процедура не е валидна во регионите блиску до магнетниот екватор. Во поларните точки каде $H \sim 0$, се добиваат повторно ниски вредности, но тука не е значајно и битно заради тоа што употребата на компасот во тие подрачја е незамислива.

Треба да се напомене дека Томлинсоновата метода е прифатена од Цивилните Воздухопловни власти на Нов Зелан како база за алтернативен метод за проверка на компас розите на воздухопловите. Во секој случај оваа метода е добра за добивање дополнителни информации за компас розата, поголем број на информации во однос на други методи поради побрзиот метод на мерење и како добар репер за исражување и споредување во однос на резултатите при работа со различни процедури. При сетоа ова мора да постои напомената дека оваа процедура не е валидна во регионите близу до магнетниот екватор.

6 Магнетниот азимут на аеродромска писта

6.1 Одредување на магнетниот азимут на аеродромска писта

На краевите на аеродромските писти постојат обележја со двоцифрени броеви испишани во бела боја кои претставуваат репрезент на магнетниот азимут на пистата во цели десетки на степени. Тие броеви се исти со исчитаната вредност на магнетниот компас која ја добива пилотот при коректно поравнување со пистата при процедурата на слетување. На слика 12 е еден пример на такво одбележување на едниот крај од полетно-слетната писта.



(Слика 12) Претстава на магнетен азимут на полетно-слетна писта
(Figure 12) Representation of the magnetic azimuth on the runway

На овој пример магнетниот азимут на пистата е 310° , и тој престапен во десетки степени ќе биде како и исписот 31.

На следната табела се претставени неколку аеродромски писти каде магнетната деклинација е голема и има потреба од поредовни мерења, надградби и корекции.

(Табела 5) Големи разлики – Геодетски азимут, магнетен азимут и обележување на писта
(Table 5) Big differences - The geodetic azimuth, magnetic azimuth and the runway markings

Airport	Geodetic Azimuth [dec. deg.]	Magnetic Azimuth [dec. deg.]	Magnetic Azimuth [runway marking]
Аеродром	Гео – Реален азимут (десетки степени)	Магнетен азимут (десетки степени)	Магнетен азимут (обележје на писта)
Maputo int.	28.890	47.1	05
Pemba int.	340.741	347.0	35
Nampula	46.064	53.9	05
Lichinga	70.626	75.2	08
Tete	1.370	8.7	01
Beira int.	104.940	116.5	12
Quelimane	354.191	364.1	36

6.2 Начин на мерење на магнетниот азимут на аеродромска писта

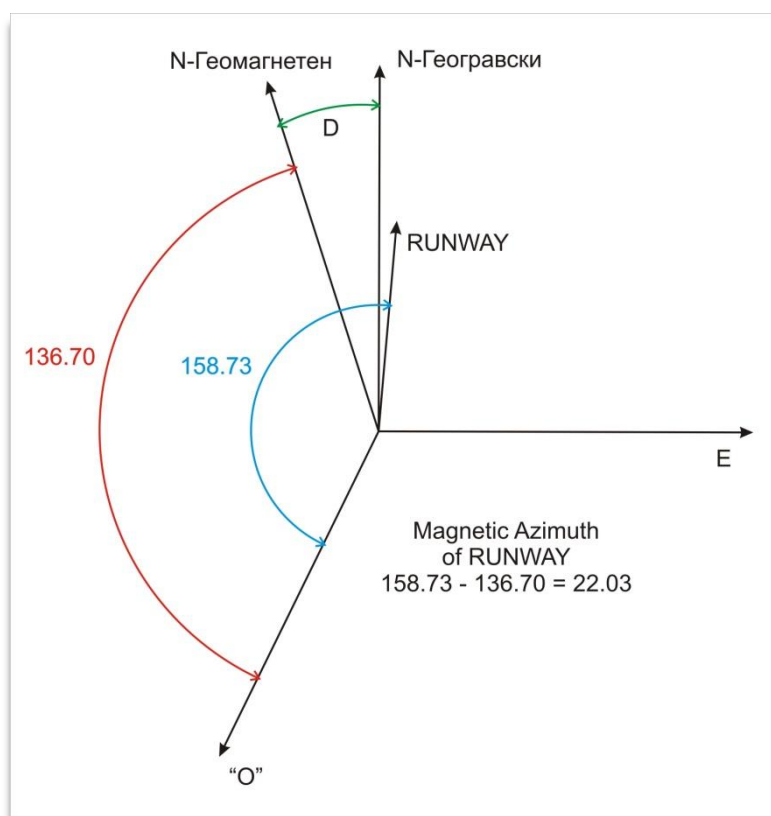
Магнетниот азимут е аголот помеѓу магнетен Север и оската на аеродромската писта. На слика 9 е прикажано мерењето на магнетниот азимут на аеродромска писта со DIFlux магнетометар. Ознаката “O” ја означува почетната нулта точка на исчитувањето на степените.

Чекорите кои треба да се направат :

- Да се изврши мерење со протон магнетометар на локацијата на аеродромската писта каде магнетниот азимут ќе биде одреден.
- Одредување на правецот на магнетниот меридијан T_{magmer} , со користење на хотизонтален DIFlux круг.
- Мерење на правецот на аеродромската писта T_{runw} , мерено по централната линија на аеродромската писта.
- Пресметка на магнетниот азимут A_{mag} на аеродромската писта :

$$A_{\text{mag}} = T_{\text{runw}} - T_{\text{magmer}}$$

Оваа процедура нема потреба од познавање на Реалниот – Географскиот Север, па поради тоа нема потреба од дополнителни инструменти за просторна ориентација (GPS, ...).



(Слика 13) Мерење на магнетен азимут со Diflux магнетометар
(Figure 13) Magnetic azimuth measurement with a Diflux magnetometer

Овде ќе напоменеме и за евентуални аномалии на самата аеродромска писта од типот за неможност на визуелен контакт со другиот крај на пистата од причини на нерамност на неа т.е. појава на т.н. мев на централниот дел на пистата (ова е обично појава кај помали аеродроми – поради цената на чинење на изведбата). Овој тип на проблем се решава со двојно одредување на магнетниот азимут т.е. одредување на магнетниот азимут на двата краеви на пистата. При било какви мерења на пистата мора да се напомене и аспектот за безбедноста на опсерверите кои се инволвирани во мерењата е

секако фактот да во секој момент на аеродромската писта може да постои и регуларен сообраќај и вонреден - ненадеен сообраќај. Од безбедносен аспект овие лица треба да бидат придружувани од страна на авторизирани лица од аеродромот и да бидат во редовен контакт со дежурниот контролор кој навремено ќе ги извести за евентуално слетување на некој воздухоплов. Секако лицата кои ги вршат мерењата се одговорни за својата мерна опрема и за чистотата на местата каде ги вршат мерењата. Под ова се подразбира отстранување на сите мерни инструменти и помошни алатки при завршување на мерењата, како и при евентуално вонредно слетување на некој воздухоплов во текот на самото мерење.

7 Геомагнетни мерни инструменти

7.1 Магнетометри

Историјата на геомагнетизмот познава голем број на инструменти, почнувајќи од античките компаси и inclinatoriums па се до денешните софистицирани уреди. Сеуште постојат функционални модерни вариометри кои употребуваат класични сензори во комбинација со софистициран feed-back подсистеми. Класични магнетометри секако се користат сеуште во некои апсолутни мерења.

Вокабуларот во геомагнетизмот познава поими како :

- Апсолутен инструмент – Значи инструмент кој е способен да дава големина на магнетно поле или големина на неговите компоненти во апсолутни основни мерни единици (м, кг, сек., или нивни деривати, или агол во однос на географски правец и др.)
- Релативен инструмент – инструмент кој го мери отстапувањето од неодредено поле (најпрво треба да се направи апсолуна определба)

- Полу-апсолутен инструмент – релативен инструмент кој со доволно чести споредби со апсолутен инструмент дава прифатливо висока апсолутна точност.
- Апсолутни мерења – мерења направени со апсолутен или полу-апсолутен инструмент за постигнување на потребна апсолутна точност
- Осетливост – кажува колку елементи на излез на инструментот одговараат на една физичка величина (пример колку битови се доделуваат за изразување на вредност nT)
- Температурен коефициент – покажува колку дадена величина е температурно зависна, базирана на линеарната зависност на излезните вредности на магнетометарот од температурата
- Опсег – горната и долната граница на вредностите кои се добиваат на излез од инструментот
- Точност – величина која ја опишува апсолутната точност. Пример точноста 0.1 nT, ја покажува разликата помеѓу вистинската вредност и измерената
- Системска грешка – серија на мерења, каде средната вредност на измерената, отстапува од вистинската вредност

Во понатамошниот текст ќе биде презентирано како некои од овие современи инструменти работат т.е конкретно ќе се презентираат некои од основните предзнаења за Протон процесија магнетометар и таканаречениот DIFlux магнетометар.

7.2 Протон магнетометар

Во современата физика, мерењето на фреквенцијата е најточната техника. Начините на мерење на фреквенциите се лесни и едноставни со големиот напредок на електрониката.

Во геомагнетизмот протонот и оптичко-транспортните магнетометри се базираат на трансформација на интензитетот на магнетното поле во мерлива фреквенција. Протон процесија магнетометарот или едноставно протон магнетометарот работи врз основа на слободна процесија на протоните во течност. Агловата процесија ω на протони, линеарно зависи од магнетното поле :

$$\omega = 2\pi f = \gamma_p F \quad 7.1$$

каде γ_p природна константа позната со голема точност и изнесува

$2.6751525 \cdot 10^8 \pm 40 \text{ T}^{-1}\text{S}^{-1}$. Исто така оваа константа влегува во врската со спинот на субатомски честички и тоа помеѓу механичкиот P и магнетниот момент m -

$$m = \gamma_p P \quad 7.2$$

каде $P = \frac{j\hbar}{2\pi}$, (j е квантен број на честичката – за протон и електрон е $\frac{1}{2}$), а \hbar е Планкова константа ($6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$).

Енергијата E на магнетниот момент m во магнетното поле F е:

$$E = -mF = -mF \cos \Theta \quad 7.3$$

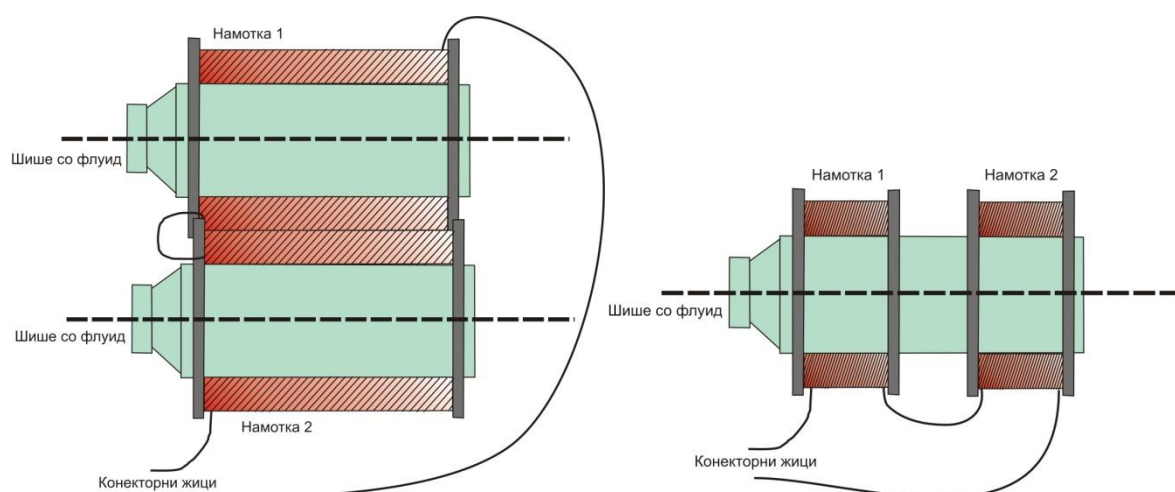
Бидејќи има $2j+1$ дозволени нивоа на енергија, следуваат две енергетски нивоа што одговара Θ вредност од плус и минус 45 степени. Од овде ќе следи да односот на две популации на двете енергетски нивоа ќе се изрази како :

$$\frac{N_1}{N_2} = \exp[(E_1 - E_2)/kT] \quad 7.4$$

при што k е Болцманова константа, а T е апсолутна температура.

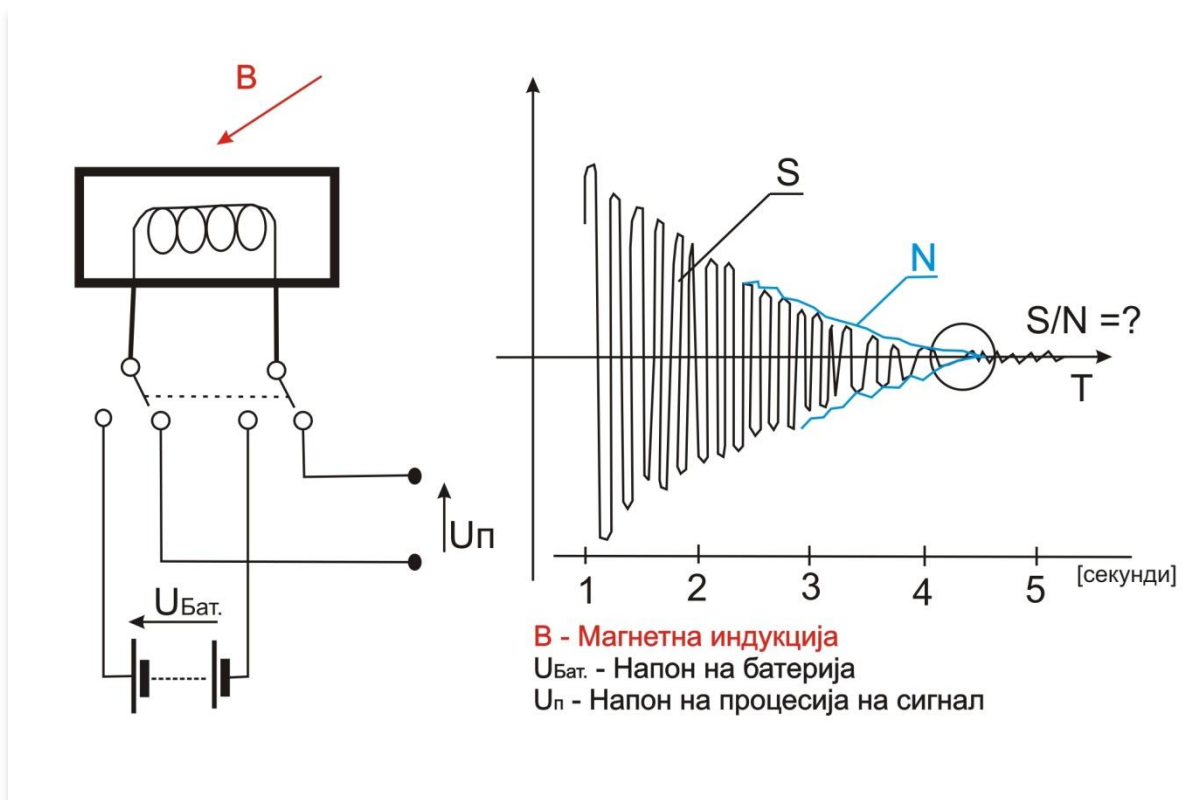
Враќајќи се на почетокот т.е. врската помеѓу фреквенцијата и интензитетот на магнетното поле установено е да 1Hz одговара на 23.48720 nT .

Сензорот на протон магнетометарот е обично некои шише со волумен од 200-500 кубни центиметри исполнето со течност, како вода (не е практична во ладна клима), алкохол или керозин. Околу шишето има околу 1000 намотки од Бакар или алуминиумска жица за поларизирање на областа на течноста (обично се користат полиња од 0.01 T) и за појачување на сигналот од процесијата на протони по сечењето на поларизираното поле. Некогаш се користат и две шишиња во спротиставени калемски намотаи за компензација на електромагнетните полиња (Слика 14).



(Слика 14) Компезациони намотки со две шишина и со едно шише
(Figure 14) Compensation inductors with two bottles and with one bottle

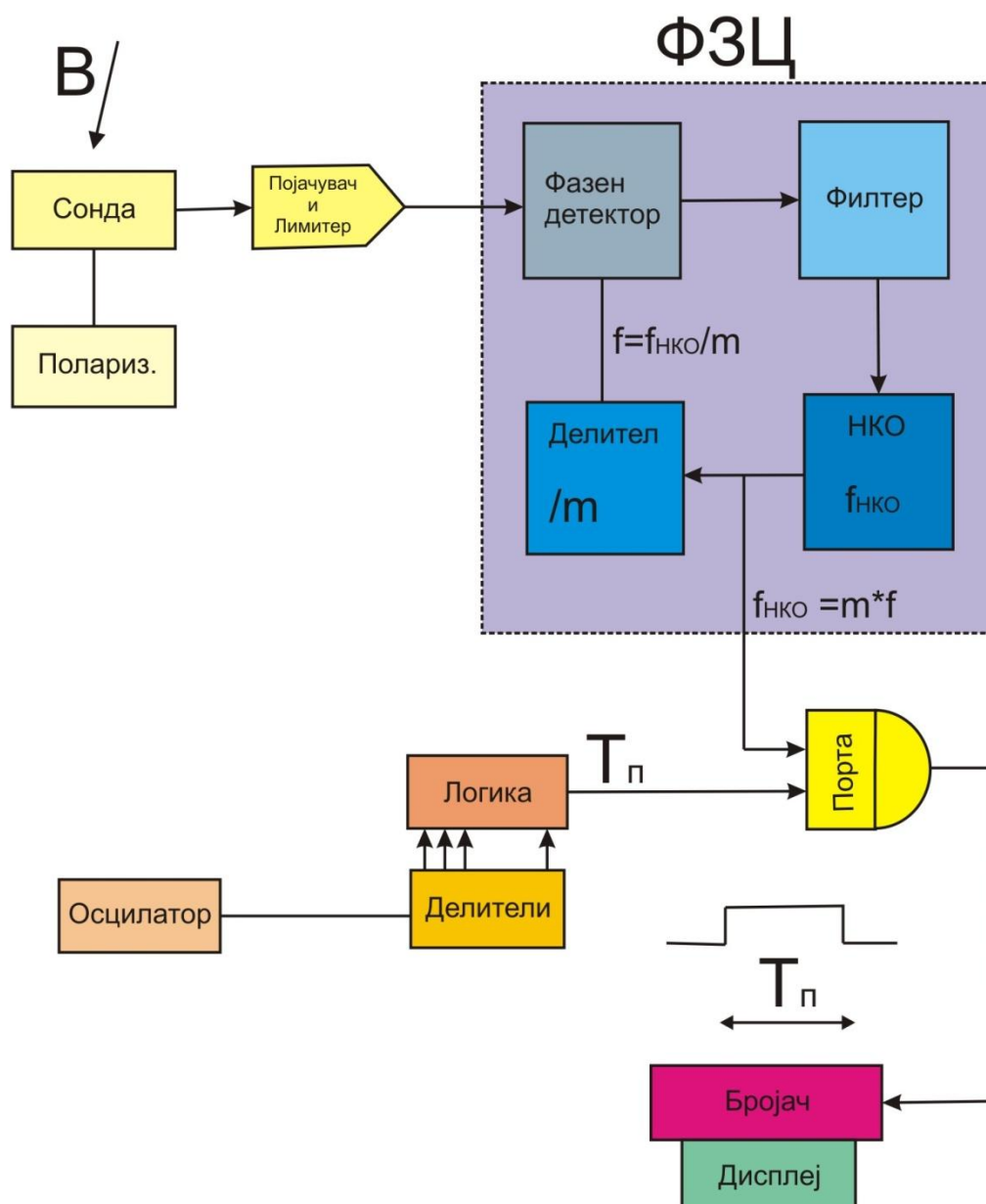
Сигналот од протонот е мал, во редот на микроволт, но фреквенцијата е мерлива во периодот од 1-5 секунди, во зависност од хомогеноста на меренето поле и поларизационото поле. Генерирањето на слободниот сигнал од протонот би изгледал како на Слика 15.



(Слика 15) Генерирање на сигнал од протон
(Figure 15) Generating the signal from proton

Односот на амплитудата и шумот на сигналот зависи од обемот на сензорот, силата и времетраењето на полето кое се користи за поларизација, протокот на филтерот и хомогеноста на полето. Од практични причини сензорот треба да е светол, мал потрошувач на енергија и филтер кој е со солидна големина на проток, кои пак во комерцијалта продажба соодносот сигнал шум достигнува однос 10 према 1. Во секој случај треба да се измери фреквенцијата меѓу 1 и 4 KHz на слаб, проследен со шум сигнал кој се губи експоненцијално во неколку секунди, а при тоа да се добие точност не помала од 10^{-5} .

Најпопуларен метод што се користи во протон магнетометрите е фазно-заклучен систем за мерење на фреквенцијата, чија блок шема е прикажана на слика 16.



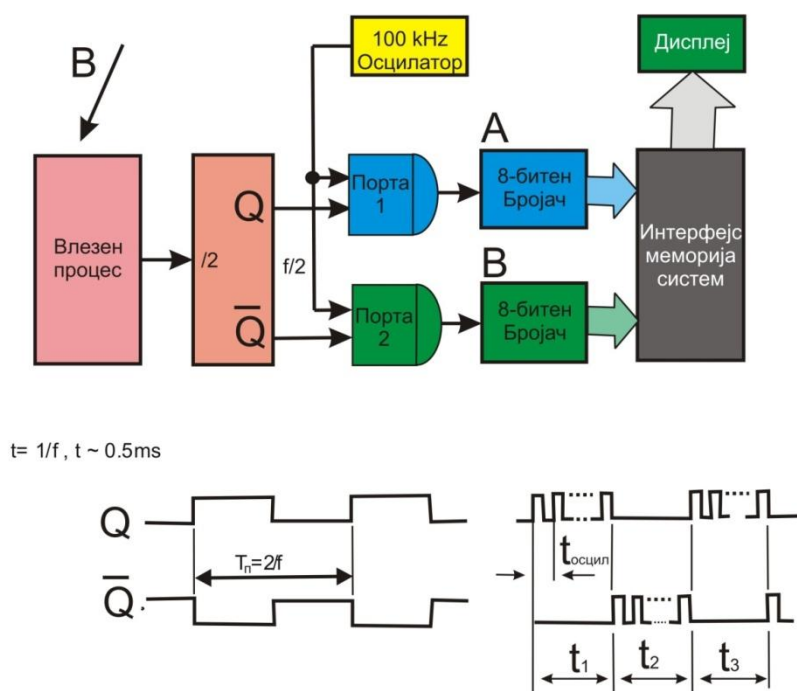
Фазно-заклучен метод на фрекфентно мерење

(Слика 16) Фазно-заклучен систем за мерење на фрекфенција
(Figure 16) Phase-Locked system for measuring the frequency

Фазно-заклучениот циклус (ФЗЦ) се користи за множење на фреквенцијата m пати, а фреквенцијата на излезот е наречена фреквенција на напонско контролиран осцилатор кој автоматски го подесува излезниот напон, која покасно се мери во фреквентниот бројач за период од T_n (време кога портата е отворена).

Предноста на овој циклус е директното исчитување во nT . Придобивка е и користењето на фреквенцијата од напонско контролиран осцилатор, чија фаза има многу помала флуктуација во однос на оригиналната слободна процесија. Чувствителноста на ваквиот магнетометар е околу 0.1 nT , поради фактот што фреквенцијата на процесија се мери индиректно т.е. преку синхронизација, како последица од генерирање на сигнал од страна на напонски контролираниот осцилатор при крајот на процесијата т.е. при појавата на шумот.

Новите протон магнетометри се дизајнираат врз основа на микропроцесори. Со користење на оваа технологија се постигнуваат подобри технички параметри на инструментите, а нивното користење е многу поедноставно. Блок шема на слика 17.



(Слика 17) Блок шема на микропроцесорски магнетометар
(Figure 17) Block scheme of microprocessor magnetometer

Употребата на компјутерската технологија овозможува софистицирана обработка на мерењата и резултатите, кои се зачувани во меморијата на самиот инструмент. Обработката се олеснува и со примената на дигитален филтер алгоритам, со што може да се издвојуваат потребните резултати без влијанија на шумовите. Секако дека резултатите се добиваат во nT. Точноста со овој метод е 0.1 nT.

Тука треба да се истакне и можноста за зголемување на точноста преку употреба на различни флуиди во сензор шишето и подолгиот период за поларизација на флуидот.

Пример на протон магнетометар е моделот GEOMETRICS G-856 Magnetometer.



(Слика 18) GEOMETRICS G-856 Magnetometer
(Figure 18) GEOMETRICS G-856 Magnetometer

Овој модел користи докажана протон просеција технологија и дава точни мерења без зависност од променливоста на ориентацијата, температурата или локацијата. Единицата обезбедува повторливи апсолутни исчитувања на вкупното магнетно поле.

Производот се одликува со одлични перформанси, висока професионалност и ниска цена.

Спецификации:

Резолуција: 0,1nT

Точност: 0.5nT

Часовникот: точноста 5 секунда месечно.

Tuning: Автоматски или рачен, спектар 20.000 до 90.000 nT

Градиент толеранција: 1000 nT / метар

Циклус време: 3 сек до 999 сек стандард, може да биде рачно одбрано брзо како 1,5 секунда циклус време.

Меморија: 5700 поле или 12500 базна станица

Прикази: Шест цифрен приказ на полето / време, три цифрен помошни прикажување на линијата број, ден

Дигитален излез: PC-232, 9600 baud.

Влез: ќе ја прифати надворешната циклус команда.

Димензии на Конзола: 7 × 10,5 × 3,5 инчи, (18 × 27 × 9 cm) 6 lbs (2,7 kg)

Сензор: 3,5 × 5 инчи (9 × 13 cm) 4 lbs (1,8 kg)

Работна температура од -20 до 50 C

Моќност: полнење, магнетно компензирани Гел-Мобилни батерии

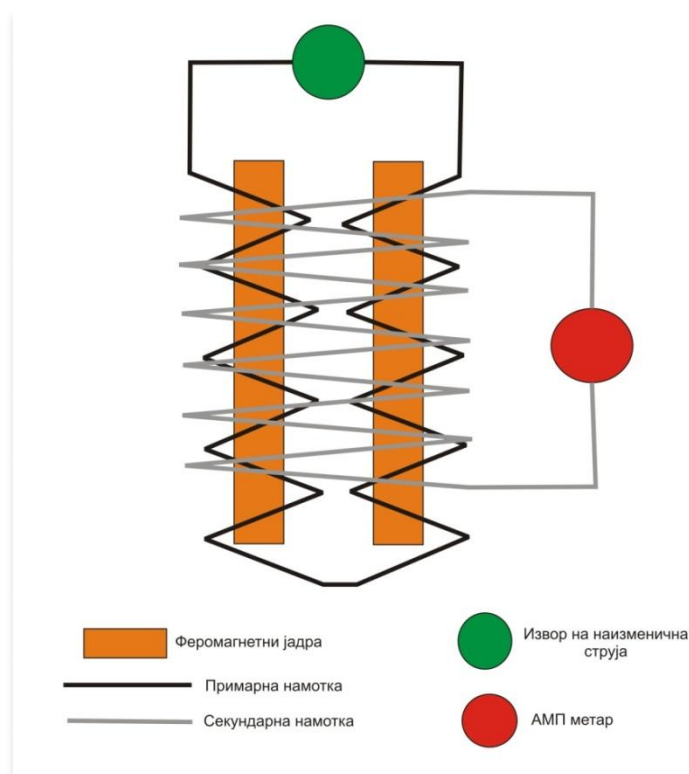
Апликација MagMap 2000 софтвер

7.3 DIFlux магнетометар

Самото име DIFlux магнетометар или поранешно fluxgate теодолит е како последица на едновременно користење на два инструменти т.е. класичен геодетски теодолит на кого е монтиран fluxgate сензор при што се добиваат точни резултати за вредностите на деклинацијата (D) и инклинацијата (I).

DIFlux магнетометарот се базира на теодолит, способен да мери хоризонтални и вертикални агли со точност од приближно $1''$. Fluxgate сензорот е монтиран на врвот на телескопот од теодолитот (Слика 22).

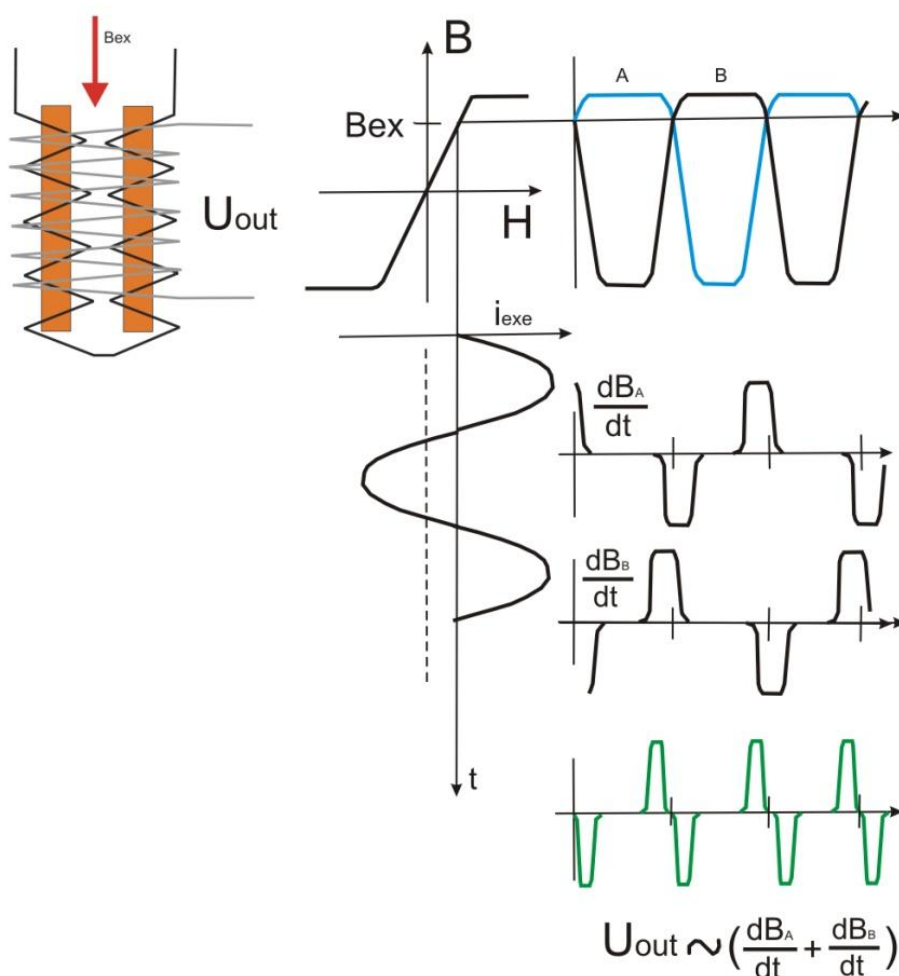
Fluxgate магнетометрите се базираат на нелинеарноста на магнетизирањето на `меки` магнетни материјали, т.е. на коло со магнетна сатурација. Две паралелно поставени феромагнетни шипки се доволно осетливи да постигнат сатурација на магнетното поле па и од малото Земјино поле.



(Слика 19) Fluxgate сензор
(Figure 19) Fluxgate sensor

На двете прачки (слика 19) постојат намотки кои се сериски поврзани и подложени на наизменичен извор на струја генерираат магнетни полиња со исти интензитет но спротивна насока. Преку нив е секундарната намотка која служи за мерење на генериран напон кој ќе се произведе при разлика т.е. кога Земјиното магнетно поле ќе навлезе во правецот на Fluxgate-от.

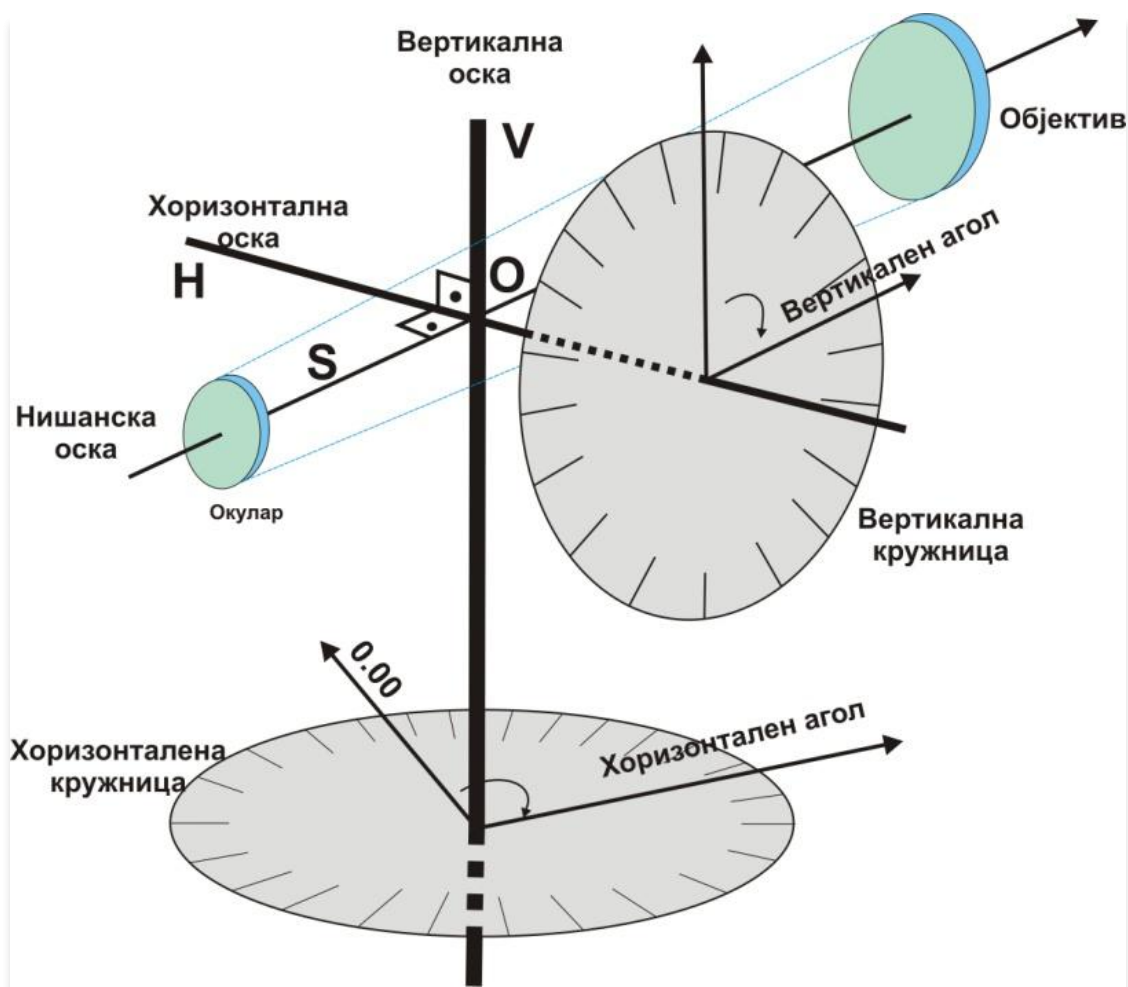
Секако дека без постоење на надворешно поле, индукцијата на напон е непостоечка поради комензациското дејство на двете јадра т.е. спротивно насочени генерирани магнетни полиња во нив. Од овде следи да овој магнетометар е способен да ги мери компонентите на Земјиното поле по правци. Fluxgate магнетометрите мерат јачина на магнетното поле од околу 0.2 nT. (слика 20)



(Слика 20) Приказ на резултантните хармоници
(Figure 20) Displaying the resultant harmonics

Со денешната технологија и микропроцесорите, постои и изработка на трипартитни (три оскени) сензори кои исчитуваат постоење на магнетното поле во трите правци одеднаш (X,Y,Z).

Најпопуларен модел на немагнетен теодолит секако е Zeiss 010B (прецизност $1''$). На располагање се во степен-скала и градиент-скала. Одлика на теодолитот е гравитационо-ориентирана вертикална скала што овозможува голема точност на исчитување на вертикалната скала дури и кога израмнувањето не е совршено (системот работи одлично ако израмнувањето е подобро од $\pm 4''$).



(Слика 21) Диаграм на теодолит
(Figure 21) Teodolite diagram

Теодолитот се состои од два главни дела :

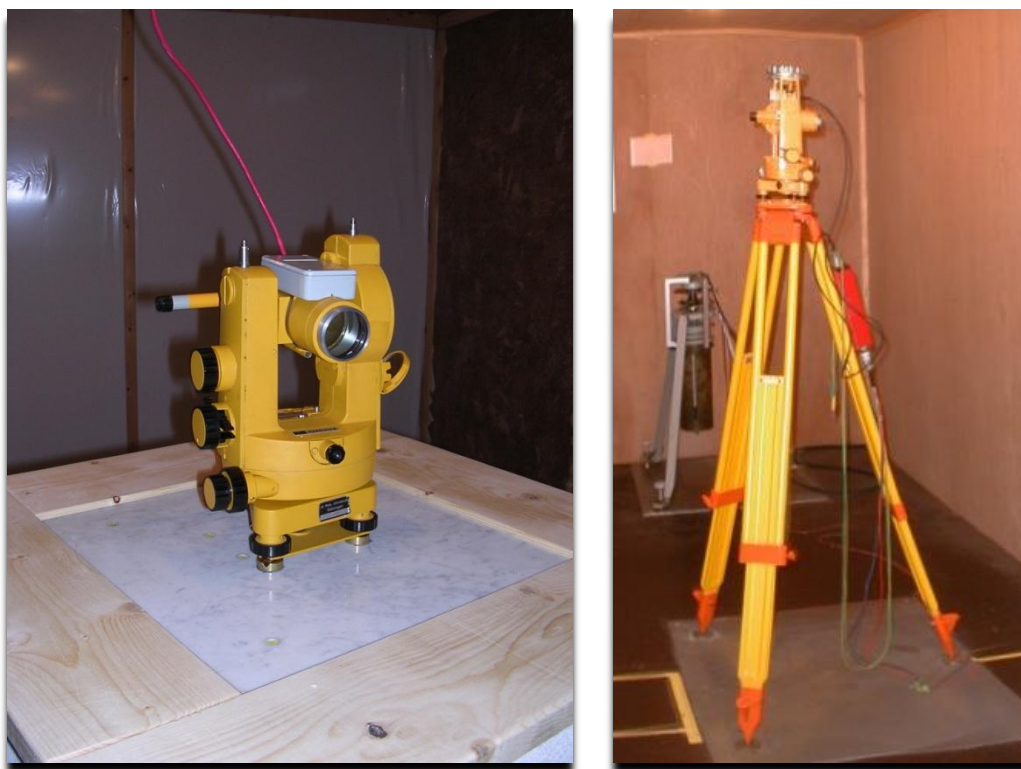
- Алидаде (подвижен дел од теодолитот) кој се состои од:
 - Оптички висок
 - Неподвижна плоча со винтови за фино хоризонтално подесување
 - Хоризонтална лимба
 - Цевкаста и центрична либела
 - Вертикална лимба
 - Дурбин со кончаница
 - Груб нишан
 - Винт за фино поместување
 - Леќа за исчитување на мерените агли
- Статив или трonoжец – (неподвижен дел) , може да е дрвен или пластичен и е во функција за фиксирање на местото на исчитување на мерените вредности

На неподвижната плоча постојат винтови со кои се врши хоризонталното подесување на инструментот. Едновременно таа е и заштита на хоризонталната лимба на која се исчитуваат хоризонталните агли. Хоризонталната лимба е неподвижна стаклена плоча која е со обележувања кои во зависност од прецизноста можат да бидат од 1' до 1''. Подделците на хоризонталната лимба се исчитуваат со помош на оптички микроскоп. Низ самиот центар на лимбата поминува вертикалната оска на теодолитот.

Центричната лимела е за грубо хоризонтално подесување т.е. до некоја мера да се подесат ногарките од стативот. За финото подесување се користи цевчестата (цевкастата) либела која е многу осетлива и тоа со винтовите кои се наоѓаат на неподвижната плоча.

Дурбинот кој е составен од окулар (со кончаница) и објектив, служи за прецизно одредување на правецот. На горниот дел на дурбинот е нишанот кој е за грубо нишанење на правецот. Осовината која го движи дурбинот е поврзана

со вертикалната лимба која во суштина е иста со хоризонталната лимба само што е поставена во вертикална положба и низ нејзината централна точка поминува оската на хоризонталната лимба. Претставено на слика 21.



(Слика 22) DIFlux магнетометар
(Figure 22) DIFlux magnetometar

Ваквата комбинација (како на Слика 22) е таканаречениот DIFlux магнетометар кој е апсолутен инструмент при одредувањето на деклинацијата и инклинацијата на барана точка.

8 Мерење на магнетната деклинација на аеродромите во Бугарија

Мерењата на магнетната деклинација на аеродромите во Бугарија за прв пат е направено во 2001 година. Геомагнетниот меридијан е дефиниран со помош на "Shulze" геомагнетен теодолит, а географскиот меридијан со помошна GPS и на геодетски начин. На почетокот деклинацијата била мерена на самиот праг на пистата. Големи аномалии се откриени во овие мерни места, па како последица на тоа мерењата биле направени надвор од пистата за три од аеродромите и на останатите три аеродроми биле користени секуларните станици во близина на аеродромите. Вака измерените вредности доволно добро се совпаѓале со вредностите добиени со редукција на деклинација според геомагнетна опсерваторија Панаѓуриште по мерењата од 1990-2001.

На основа на повисоките барања од страна на Eurocontrol во однос на безбедноста во воздухопловството чија членка е и Бугарија, во 2001 година, тим од геомагнетната опсерваторија Панаѓуриште врши мерења на магнетна деклинација на аеродромите во Софија, Пловдив, Варна, Бургас, Русе, Горна Орјаховица (слика 23).

Теренските геомагнетни мерења обично се изведуваат од мај до септември. Во овој случај поради кратките рокови за доставување на податоци, неопходно беше да се направат мерења во февруари, март и април, кога временските услови во Бугарија се претежно студени и снежни. Тимот кој ја извршуваше оваа задача бил составен од два експерти од геомагнетната опсерваторија Панаѓуриште при Геофизичкиот Институт (Бугарската академија на науките) и двајца експерти од Централната лабораторија за Геодезија (Бугарската академија на науките).

Теодолит магнетометар е средство кое е добро проучено и неговите инструментални корекции се сигурно одредени преку бројни мерења во геомагнетната опсерваторија Панаѓуриште. Хоризонталниот круг на теодолитот

има точност од 0,2` и една единица на скалата на оптичката цевка е еднаков на 1` од хоризонталниот круг.



(Слика 23) Аеродроми во Бугарија
(Figure 23) Bulgarian airports

Географските азимути на аеродромите во Пловдив, Русе и во Горна Орјаховица биле одредени со помош на GPS и на останатите аеродроми со користење на геодетски средства.. Мерењата биле редуцирани за варијациите со користење на податоците од опсерваторија Панаѓуриште.

(Табела 6) Вредност на деклинацијата измерена на аеродромите
(Table 6) Values of declination, measured at the airports

Declination						
Airport	THR E	THR W	RS	Airport	P E	P W
Sofia	6°19'	1°54'	3°10'	Plovdiv	3°47'	3°09'
Bourgas	5°47'	5°21'	3°47'	Rouse	3°36'	3°36'
Varna	6°37'	5°04'	3°49'	Gorna	3°35'	3°32'
Orjah.						

(THR – Threshold, E – East, W – West, RS - Repeat Station, P – Point)

Најпрво деклинацијата била измерена на прагот на полетно – слетната писта (ова се точките за полетување и слетување на авиони). Беа откриени големи аномалии при ваквите мерења направени на праговите на пистите, а секако дополнителен проблем бил и терминот за мерење поради активниот авиосообраќај. На пример, разликата помеѓу измерените деклинации на источниот и на западниот дел на аеродромот во Софија бил $4^{\circ}25'$ (Табела 26). Констатирано било да големата разлика се должи на бетонската дебелина од околу 80 см со задолжителната челична арматура во самата писта. Знаејќи дека авионите деклинацијата ја користат во воздухот доволно далеку од пистата експертите решиле да направат мерења надвор од пистата.

На аеродромите во Пловдив, Бургас и Горна Орјановица мерења биле направени во близина на аеродромските писти, а на аеродромите во Софија, Бургас и Варна мерењата биле направени во најблиските репетиторски станици од постоечката мрежа во Бугарија.

Репетиторските станици од секуларната мрежа биле користени многу пати и тие имаат постојани азимутни маркери. Последни мерења биле извршени во 1990 година. Деклинациите од епоха 1990 биле редуцирани за 2001 со користење на податоци од обсерваторијата Панаѓуриште. Разликите помеѓу редуцираните и измерените вредности за епоха 2001 се следниве:

-Варна аеродром - $1,8''$;

-Бургас аеродром - $3,8''$;

-Софија аеродром - $0,9''$

Овие разлики покажуваат добра корелација помеѓу измерените и редуцираните вредности на деклинацијата. Како препорака е дадено, мерењата на деклинацијата да се врши надвор од пистата поради присуството на пертурбации - пореметувањата.

9 Геомагнетни истражувања на аеродроми во САД

Федералната администрација за авијација (FAA) и војската на САД имаат барања за проектирање, локација и изградба на компас калибрациони платформи (компас рози) и истите да бидат развиени-реализирани во соработка со американскиот геолошки институт (USGS). Овие барања се детално опишани во FAA документација и во разни воени документи, но главен услов е опсегот на деклинацијата мерена на 75 метри од центарот на компас розата да биде помала или еднаква на 30 минутен агол. USGS-Геомагнетната група има развиено посебни методи за водење на магнетни истражувања, така што постојните компас рози можат да се проценат во однос на исполнување на потребните стандарди, како и процените на нови локации како можни потенцијални компас рози. При овие методи се користат мерни инструменти со мерна точност за мерење на деклинација во рамка од 1 минута, како “Gurley transit” магнетометар, “Di Flux” теодолит магнетометар или “Wild T-0”. Податоците се коригираат за дневните и нередовни ефекти на магнетното поле и деклинацијата се утврдува за секоја истражувана точка, како и опсегот и просекот на деклинацијата за еволуираната компас роза. Ова истражување обично трае околу четири дена.

Двете основни цели во правењето на ваквото аеродромско геомагнетно истражување се:

- Одредување на соодветноста на локацијата за поставување на компас калибрациона платформа (компас роза)
- Одредување на магнетната деклинација на соодветната локација

Соодветноста се оценува според пропишаните стандарди од страна на FAA (Federal Aviation Administration) и DOD (Department of Defense). Магнетната

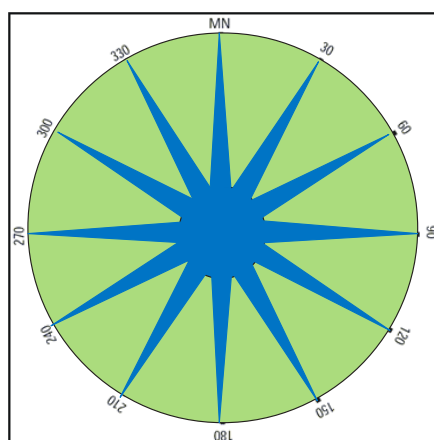
деклинација се одредува според процедурите развиени од страна USGS. Истражителите мора да имаат познавања за геомагнетизмот и да бидат обучени за користење на софистицирани магнетометри за извршување на точни магнетни мерења. Персоналот од геомагнетните опсерватории или институти се стручни за извршување на ваквите истражнувања.

9.1 ФАА барања

Како што напоменав понапред FAA има соодветни барања во однос на проектирањето, локацијата и изградбата на компас калибрационата платформа. (детален опис во FAA AC (advisory circular) 150/5300-13 Appendix 4) Во овој документ во деловите 4, 5 и 6 се опишани комплетните постапки.

Во делот 4 се деталите за проектирањето т.е. водичот за постапките. Одредени вариации се дозволени ако општите барања се задоволени. Проектните барања за компас розата се :

- Краците на компас розата мора да бидат обоени на секои 30 степени почнувајќи од магнетниот север (слика 24)
- Компас розата мора да биде изработена од не-магнетен материјал
- Големината на компас розата мора да биде компатибилна со големината на авионите кои би го користеле (15 метри за мали авиони, 33 метри за големи авиони)



(Слика 24) Компас роза
(Figure 24) Compass rose

Во делот 5 од документот на FAA се даваат насоки за одредување на соодветна локација за компас роза. Општите услови за локација на компасот се:

- Локацијата за компас розата треба да е најмалку 90 метра подалеку од напонски и комуникациски кабли или други авиони
- Локацијата за компас розата треба да е најмалку 180 метра подалеку од големи магнетни извори (згради, железнички шини, високонапонски далеководи или кабли со еднонасочна струја)
- Локацијата за компас розата треба да е надвор од платформите за таксирање на авионите или полетно-слетната писта за да бидат задоволени условите за нормално одвивање на аеродромските операции

Во овој дел се дефинирани и критериумите за соодветност на локацијата кои се пресудни при истражувањето на магнетната деклинација. Тоа се :

- Разликата помеѓу магнетниот и вистинскиот север мора да биде еднаква низ целата локација
- Рангот на деклинацијата мора да биде помалку од половина степен (во волуменот кој е ограничен со просторот од 0.3 до 3 метра над основата на локацијата и радиусот од 75 метра од центарот на локацијата)

При оценувањето на соодветноста на локацијата мора да се земат во предвид и некои субјективни фактори. На пример, ако мал магнетен објект се наоѓа во опсегот од 75 метра од центарот на компас розата (но не и на самата компас роза), а истиот објект не влијае на компас калибрацијата, локацијата е погодна т.е. соодветна со напомена за постоењето на тој објект во финалниот извештај. Од друга страна, ако некоја зграда е на 120 метра од предложената локација и има влијание на компас розата (иако е задоволен условот за

отстапувањето на деклинацијата од половина степен), оваа локација ќе биде несоодветна поради нарушеното природно магнетно поле.

Во делот 6 од истиот документ се дадени строгите барања за конструирањето на компас розата. Тие барања се:

- Користење само на не-магнетен материјал за изградба на компас розата. Челична арматура и железни плочи не смеат да се користат во радиус од 90 метра од центарот на компасот. Ако има потреба од поставување на одводни цевки, тие треба да се од не-магнетен материјал или од алуминиум.
- Краците на компас розата мора да бидат ориентирани во положба на магнетниот правец
- Одбележување на датата на обсервирање и наредните измени на правецот на магнетниот север на место во близина на магнетниот север на самата површина. Секако добра опција е и додавање на дополнително стабилно обележје на географскиот север на поодалечена локација
- Треба да се направи и дополнително истражување на магнетната деклинација по конструирањето на компас розата за протврда на FAA стандардите пред одбележувањето на краците.
- Проверка на магнетната деклинација на компас розата се прави на 5 години или помалку , а мора да се направи во случај на значителна изградба на објект во радиус од 180 метра од центарот на компас розата

9.2 Одредување на локација

На USGS има развиено посебни методи за водење на магнетни испитувања, така што постоечките или локациите за нови компас рози можат

да се проценат во однос на стандардите пропишани од ФАА и ДОД. Чекорите кои се применуваат се:

- Прелиминарна оценка на локацијата мора да се направи. Ревизија на аеродромските цртежи и ревизии, како и консултации со персоналот во аеродромот за истакнување на можните локации
- Правење на магнетни истражувања на вкупното магнетно поле на потенцијалните локации мора да се направат со цел оценување на локацијата
- На најсоодветната локација мора да се направи и деклинациско истражување за да се проверат задоволувањето на ФАА стандардите т.е. барањата
- Ако компас розата е веќе конструирана мора да се направи деклинациско истражување за проверка на барањата од ФАА

9.2.1 Прелиминарна оценка на локација

Процесот за изработка на една компас роза започнува најпрво во предлозите од менаџментот на самиот аеродром т.е. презентирање од нивна страна за можните локации за изградба на компас роза. Тука е битно да соодветната платформа е лесно достапна, не смета во одвивањето на протокот на авионите во секојдневните активности.

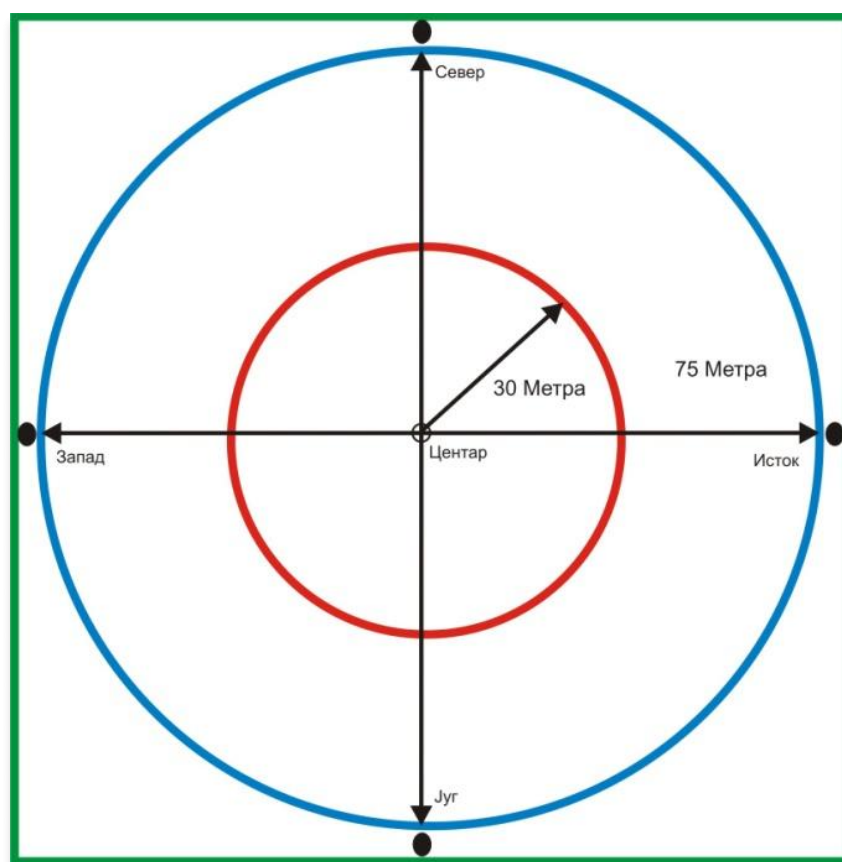
Кога се разгледува потенцијална локација за изградба на компас роза, се ревидираат аеродромските нацрти во однос на цевоводи, канали и одводни цевки. Потенцијалните места визуелно се проверуваат во однос на одводни решетки, шахти како и материјалот кој е користен на соодветната локација. Се извршуваат и интервјуа со соодветни супервизори од аеродромот како би се добиле дополнителни информации во поглед на тоа да одредени нешта можат да влијаат на потенцијалната површина.

9.2.2 Истражување на вкупното магнетно поле

Секако да истражувањето на вкупното магнетно поле на постоечката или нова компас роза е суштински важно затоа што повремени мерења може да

не ги покажат подземните железни објекти кои би влијаеле на магнетното поле. Ова истражување може да се направи за 1 до 2 часа. Најчесто за ваквите истражувања и испитувања се користат уредите, Geometrics G-856 пренослив магнетометер и GEM Systems GSM-19 пренослив магнетометер. Главно овие два магнетометри се избор на опрема за мерењата на локациите како од аспект на соодветност, така и од можноста за исчитување и зачувување на вредности од различни мерни точки и нивно подоцнежено превземање.

9.2.2.1 Процедура за испитување на вкупното магнетно поле



(Слика 25) Диаграм на испитувањето
(Figure 25) Diagram of survey

Процедурата ги има следниве чекори :

- Обележување на централната точка и на 30 метри растојание одбележување на север, југ, исток и запад со временски дрвени колци
- Мерење на вкупното поле во централната точка и мерења на секои 3 метра во правецот север-југ и исток-запад т.е. во приближни точки вдоль таа линија на движење

- Ако првичните мерни резултати се ветувачки се прави исчитување на секои 3 метра за да се покрие радиусот од 30 метри во областа околу централната точка
- Во просторот од 30 метра до 75 метра се прави мерење на секои 10 метри (слика 25)

Ако вкупното поле во мерениот простор со радиус од 75 метра од централната точка е во опсегот од 75 nT, ги задоволува барањата на FAA и DOD. Според USGS овој опсег не влијае на магнетната деклинација и подлогата може да биде сертифицирана.

9.2.2.2 Одлука за локацијата

Ваквите мерења на вкупното поле по локација служи за рангирање на потенцијалните локации за компас роза, од кои една ќе биде избрана за конструирање на компас розата и на истата ќе се направи детално истражување на магнетната деклинација за задоволување на барањата од FAA. Истражувањето на деклинацијата одзема од еден до три дена.

9.2.3 Истражување на магнетната деклинација

USGS има развиено процедура за истражување на магнетната деклинација која ги содржи следните чекори:

- Поставување на тест точки во решеткаста шема над површината предвидена за компас роза
- Одредување на географски север
- Мерење на магнетната деклинација во тест точките
- Додавање на потребните дневни и инструментални корекции на податоците
- Креирање на завршен извештај за аеродромот

Постојат неколку магнетометри соодветни за истражување на деклинацијата за компас розата. USGS ги користи “Gurley transit”, “DI Flux” и “Wild T0” магнетометрите.

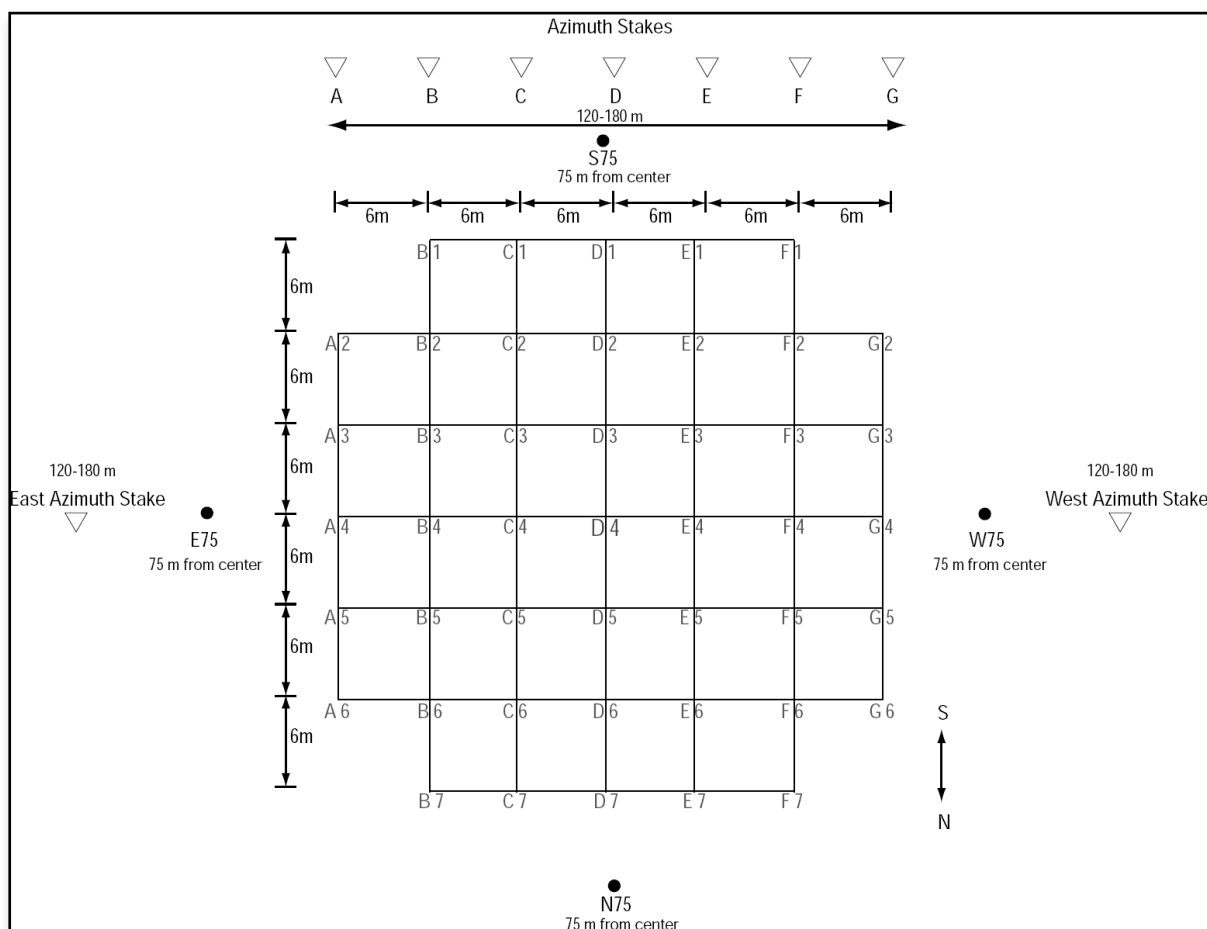
- Истражувањет на компас розата со помош на “Gurley transit” е многу побрзо во споредба со “DI Flux” , а попрецизно од “Wild T0” магнетометрите. Овој инструмент има исчитување до 15 аглови секунди. Овој инструмент повеќе не се произведува.
- “DI Flux” инструментот е погоден за ваквов тип на истражување. Предноста на “DI Flux” е во тоа што тој е апсолутен инструмент. “DI Flux” Теодолитот исчитува или 0,1 аглова минута или 1 аглова секунда во зависност од моделот. Мал недостаток на овој инструмент е да мора да биде прецизно нивелиран и се потребни четири посебни мерења за определување на магнетниот меридијан.
- Погоден и доверлив инструмент е “Wild T0” компас теодолитот. Овој инструмент исчитува 1 аглова минута. И овој инструмент повеќе не се произведува.

9.2.3.1 Тест точки

За извршување на истражувањето на деклинацијата над површината планирана за компас роза потребно е да се утврдат повеќе тест точки (Слика 26). Најдобар метод е користење на решеткаста шема каде тест точките се подеднакво распоредени над површината на компас розата. Како пример, ако површината на компас розата има дијаметар од 36 метри ќе имаме главни тест точки утврдени во решеткаста шема со 6 метарска страна. Во праксата решетката со страна во опсегот од 4 до 9 метра е прифатливо. Утврдената решетка има 7 линии на 7 линии. Ако тест точките се поставени на тврда подлога одбележувањето се прави со боја за маркирање, а ако подлогата е земјена или тревната се обележува со дрвен колец кој на врвот ќе биде обележан со боја за маркирање. Процедурата за одбележување на решетката се состои од следниве чекори :

- Обележување на центарот на компас розата со дрвен колец или боја за маркирање. Оваа тест точка ќе виде насловена како точка “D4”. На далечина од 120-180 метра јужно од оваа точка ставете колец кој ќе ја означува линијата “D”
- Утврдување на 3 тест точки на север и 3 тест точки на југ на оваа воспоставена “D” линија на растојание од 6 метри. Овие тест точки ќе бидат насловени како “D1, D2, D3, D5, D6, D7”. На оваа линија се утврдуваат и две помошни тест точки и тоа на север на растојание од 75 метра од “D4” која ќе биде “N75” и на југ соодветно “S75”
- Со завртување за точно 90 степени од линијата “D” и на растојание од 120-180 метри од “D4” се воспоставува колец, истото се прави и со завртување за 180 степени и на растојание 120-180 метра од “D4” се воспоставува уште еден колец. Правците кон овие колци во однос на линијата “D” мора да биде 90 степени со толеранција од плус минус половина аглова минута.
- Утврдување на 6 тест точки на растојание од 6 метри на оваа линија, “A4, B4, C4, E4, F4, G4”. На оваа линија се одбележуваат и две помошни тест точки и тоа на запад на растојание од 75 метра од “D4” која ќе биде “W75” и на исток соодветно “E75”
- Следно е поместување во тест точката “C4”, нивелирање на инструментот, нишанење на маркерот на запад и завртување точно за 90 степени кон југ и потоа на растојание од 120-180 метри воспоставување колец кој ќе ја означува линијата “C”. На оваа линија се креираат 6 тест точки северно и јужно од “C4” на растојание од 6 метри, насловени како “C1, C2, C3, C5, C6, C7”
- Постапката се повторува се до воспоставување на сите 7 линии и соодветните тест точки на нив
- Тест точките “A1”, “A7”, “G1” и “G7” можат да бидат изоставени

Времето потребно за утврдување на оваа решетка со големина од 36 метри и чекор од 6 метри е од 3 до 6 часа.



(Слика 26) Приказ на 6-метарска решеткаста шема
(Figure 26) Displaying 6-meters grid pattern

9.2.3.2 Географски север

Географскиот север мора да биде определен за потребите на конверзија на магнетните истражувања т.е за конверзија на вредностите во деклинација. Најчестите методи кои се практикуваат за одредување на географскиот север се :

- Астрономски (сончево или звездено) набљудувања. Овие методи се користат кога треба брзо, едноставно и точно определување.
- GPS метода, која е точна но опремата е скапа
- Жирокомпас метода, но опремата е премногу тешка и помалку точна во однос на предходните две, но работи во секакви временски услови

Постојаниот маркер на географскиот север треба да се воспостави. Треба да се постават и три постојани маркери на правци, подеднакво распоредени во

близина на истакнати објекти. Постојаните маркери на правци треба да се најмалку на 75 метра од центарот на компас розата. Како објекти можат да бидат светилки на аеродромот, рабовите на аглите на околни згради или друг стациониран објект на аеродромот. Вистинскиот правец на овие објекти е пресметан во однос на определениот географски север.

9.2.3.3 Истражување на магнетната деклинација

Истражувањето на магнетната деклинација мора да се направи за време на тивки или непореметени магнетни услови. Процедурата е следна:

- Поставување на деклинометарот во централната тест точка “D4”
- Нивелирање на инструментот
- Поставување на хоризонталниот круг да исчитува 0 степени во правец на маркерот “D”
- Исчитување на магнетната деклинација
- Поместување на деклинометарот на следната тест точка и повторување на постапката на мерење
- Со избран метод на движење, поместување по решетката се мерат сите 45 тест точки и 4-те помошни тест точки
- На секои 30 минути се прави повторливо мерење во централната точка, који мерења ќе помогнат за додавање на дневните корекции на деклинациските вредности

Потребното време за ваквото истражување од овој размер е од 5 до 20 часа, секако во зависност од големината на компас розата, брзината на изведувачот при користењето на инструментот.

9.2.3.4 Дневни варијации

Дневните варијации на магнетното поле мораат да бидат извадени од податоците добиени при истражувањето за да не предизвикаат негативни ефекти на крајните резултати. Овие варијации може да се откријат како податок од блиска обсерваторија или со помош на повторливото мерење на 30 минути на централната тест точка. Магнетната деклинација мерена во овие интервали во централната точка се забележуваат на графикон кој на хоризонталната оска го покажува времето, а на вертикалната податокот на деклинацијата, од која ќе се произведе и средната вредност на деклинацијата. Поединечните корекции на секоја од мерените тест точки ќе се открива во однос на агловото минутно отстапување во однос на средната (просечната) линија за секоја вредност поединечно.

9.2.3.5 Завршен извештај и препораки

Кога податоците ќе бидат собрани, додадени корекциите, определени правците, комплетните информации се собираат во извештај за аеродромот. Во извештајот ќе биде вклучено :

- Името на аеродромот
- Датата на магнетното истражување
- Географските координати
- Опис на локацијата на компас розата
- Опис на изгледот на решеткастата шема
- Точните правци
- Диаграми од истражувачките резултати
- Препораки базирани на магнетните мерења и професионалните расудувања

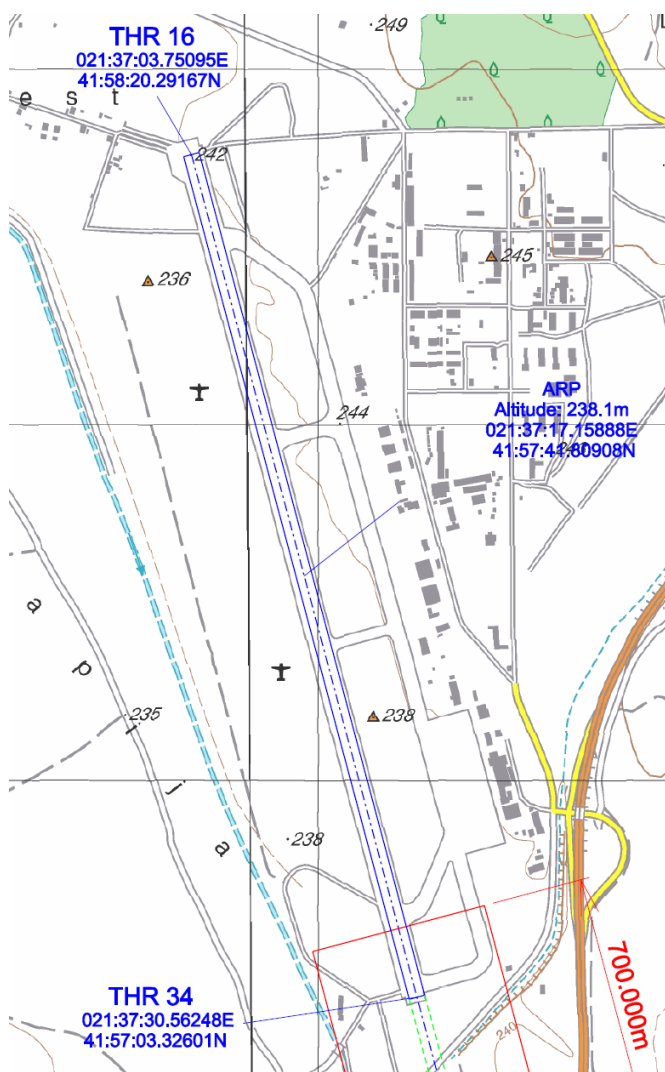
10 Мерења на Аеродром Скопје

За потребите на оваа магистерска работа беа направени мерења на вкупното магнетно поле на Аеродромот „Александар Велики“, поточно на и околу полетно-слетната писта на аеродромот. Беа избрани 40-тина мерни референтни точки, обрнувајќи посебен акцент на праговите на полетно-слетната писта (прагот 16 и 34) каде и густината на референтните точки е најголема.

Мерењата беа извршени во одлични временски услови, сончев ден со температура од 20 степени Целзјусови. Во текот на мерењето беа превземени сите мерки како од аспект на безбедност на учесниците во мерењето во однос на сообраќајот на воздухопловите (во повеќе наврати моравме да се повлекуваме на помошните патишта додека пистата повторно биде слободна), така и од мерките за магнетна инфлуенца од самите учесници.

Полетно-слетната писта на аеродромот „Александар Велики“ е долга 2045 метри и широка 42 метри. Се наоѓа на надморска висина од 238.1

метар (слика 27). По моменталните перформанси задоволува полетно-слетни дејствија за II (втора) категорија на воздухопловни операции.



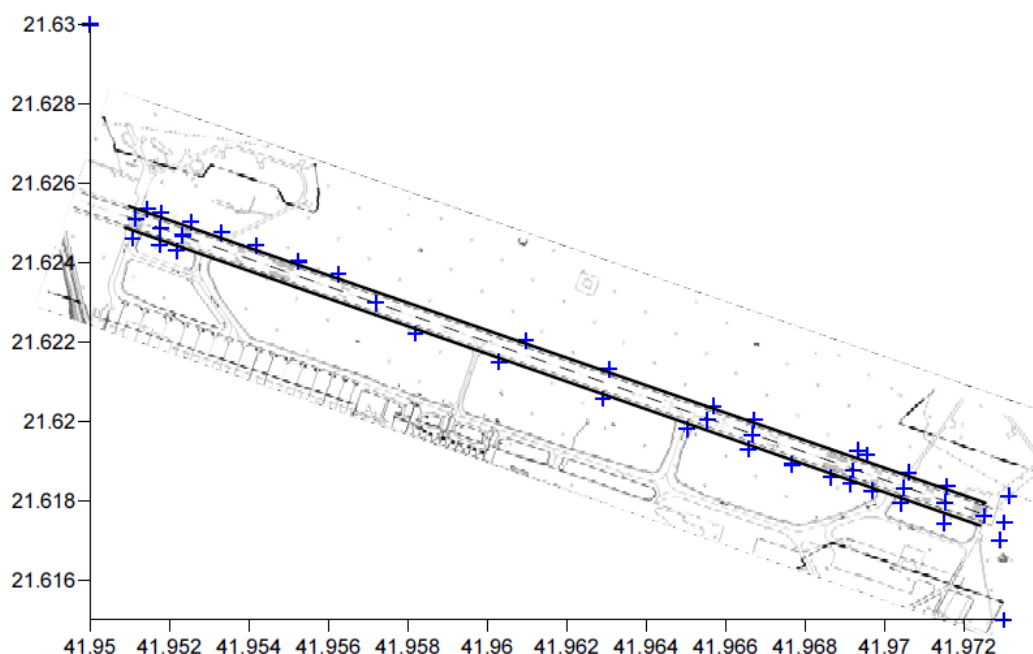
(Слика 27) Полетно-слетна писта на аеродром „Александар Велики“

(Figure 27) Runway on airport “Alexander the Great”

Мерењата се правени со уредот GEOMETRICS G-856 Magnetometer кој е практичен за ваков вид на мерење, а координатите на секоја референтна мерна точка е потврдувана со GPS уред.

На полетно-следната писта тимот излезе во 8.30 по локално време (6.30 UTC) и веднаш се упати на прагот 16 каде започна со лоцирање на референтните мерни точки кои предходно беа планирани на мапата на аеродромот. Временските услови беа одлични, сончев ден со температура од 20 степени целзјусови. За мерките за безбедност на пистата беше задолжен дежурен техничар од контролата на летање кој во целиот период беше во контакт со контролната кула. Возилото со кое се превезувавме и повлекувавме на безбедно растојание при операциите на воздухопловите, секогаш беше на доволно растојание како не предизвика влијание на мерните резултати. Тимот од теренот се повлече во 12.30 по локално време (10.30 UTC).

По планот беше реализирано мерење на 40-тина (поточно 43 референтни мерни точки) кои визуелно се прикажани на слика 28.



(Слика 28) Приказ на референтните мерни точки
(Figure 28) Reference measuring points

Добиените резултати се претставени на табела 7.

(Табела 7) Мерни резултати
(Table 7) Measuring results

Мерна точка Point of measurement	Географска ширина Latitude	Географска должина Longitude	Вкупно поле Total Field
1	41.9725104	21.6176238	46963
2	41.9730203	21.617455	46960
3	41.9731262	21.61812	46952
4	41.9729052	21.6170027	46958
5	41.971497	21.617434	46954
6	41.9715216	21.6179588	46915
7	41.97158	21.618361	46944
8	41.970602	21.618714	46967
9	41.970489	21.618318	46940
10	41.970404	21.617932	46992
11	41.969681	21.618252	46950
13	41.9695674	21.619163	46932
14	41.969326	21.619267	46942
15	41.969217	21.618771	46986
16	41.96915	21.618433	46961
17	41.968653	21.618591	46949
18	41.967673	21.618917	46928
19	41.966569	21.619299	46941
20	41.966664	21.619656	46929
21	41.966723	21.620032	46938
22	41.965691	21.620382	46916
23	41.965536	21.62004	46960
24	41.965036	21.619807	46932
25	41.962911	21.620568	46932
26	41.96306	21.621315	46916
27	41.960975	21.622033	46906
28	41.960295	21.621493	46917
29	41.958184	21.622212	46927
30	41.957192	21.622985	47071
31	41.956253	21.623704	46918
32	41.955243	21.624026	46918
33	41.954174	21.624426	46888
34	41.953316	21.624755	46913
35	41.952533	21.625024	46953
36	41.952324	21.624683	46878

37	41.952178	21.624305	46953
38	41.951747	21.624448	46931
39	41.951765	21.624858	46901
40	41.951776	21.625261	46908
41	41.951447	21.625344	46900
42	41.951151	21.625100	46910
43	41.951072	21.624607	46933

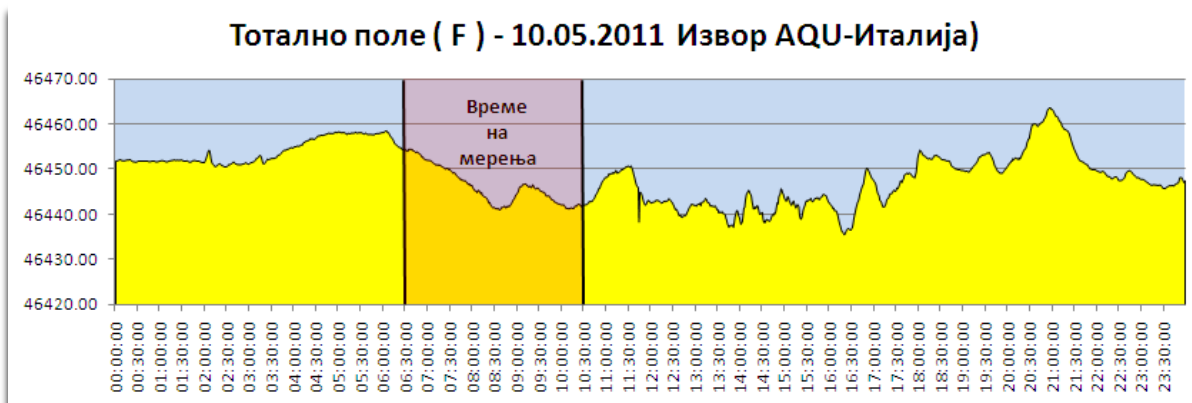
Со помош на софтверскиот пакет Surfer, вака добиените резултати се внесени во истиот, за да ја доловат сликата на магнетното поле во областа на полетно-слетната писта на аеродромот во Скопје.

За преглед кон дневната варијација на земјиното полето, беа искористени податоците од меѓународната мрежа за прибирање на моменталните вредности на полето од магнетните опсерватории (INTERMAGNET). Во оваа меѓународна мрежа се испраќаат измерените вредности од стационарни магнетни опсерватории за честота од 1 минута. Како најпогодни и најсоодветни беа земени податоците од опсерваториите од нашето опкружување и тоа :

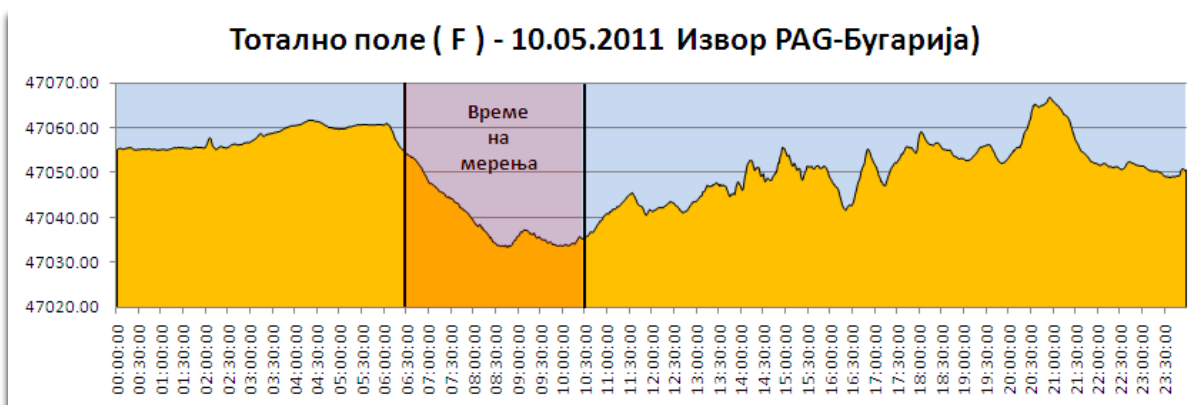
- L`Aquila во Италија (меѓународна ознака AQU)
- Panagyurishte во Бугарија (меѓународна ознака PAG)
- Grocka во Србија (меѓународна ознака GCK)
- Penteli (Pedeli) во Грција (меѓународна ознака PEG)

Податоците кои се во меѓународната размена се со честота на мерење од 1 минута. Мора да напоменам дека за денот на теренската работа (10.05.2011) податоци за тоталното поле од опсерваторијата во Гроцка - Србија не постоеа т.е. не беа достапни во меѓународната размена.

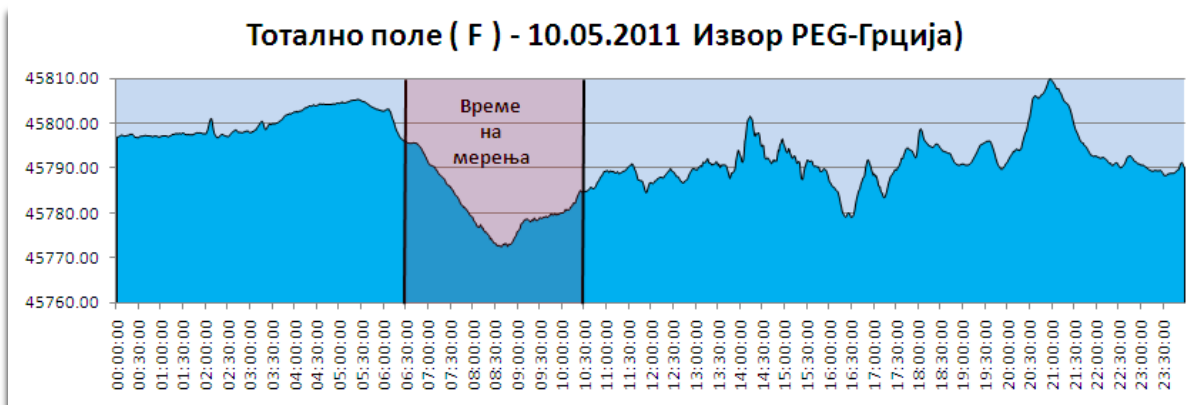
Со анализа на овие податоци и нивното претставување во временска зависност се добиени графикони на сликите подолу, каде е прикажан и временскиот опсег кога тимот беше на полетно-слетната писта за мерењата на референтните точки. (слика 29, слика 30 и слика 31)



(Слика 29) Дневна варијација од AQU - Италија
(Figure 29) Daily variation of AQU - Italy



(Слика 30) Дневна варијација од PAG - Бугарија
(Figure 30) Daily variation of PAG - Bulgaria



(Слика 31) Дневна варијација од PEG - Грција
(Figure 31) Daily variation of PEG - Greece

Со анализа е добиено да во периодот на мерење на полето на аеродромот „Александар Велики“ т.е. од 6.30 до 10.30 UTC, разликите помеѓу максималната и минималната вредност на тоталното поле е :

- L`Aquila во Италија (AQU) – 13.20 nT
- Panagyurishte во Бугарија (PAG) – 20.80 nT
- Penteli (Pedeli) во Грција (PEG) – 23.10 nT

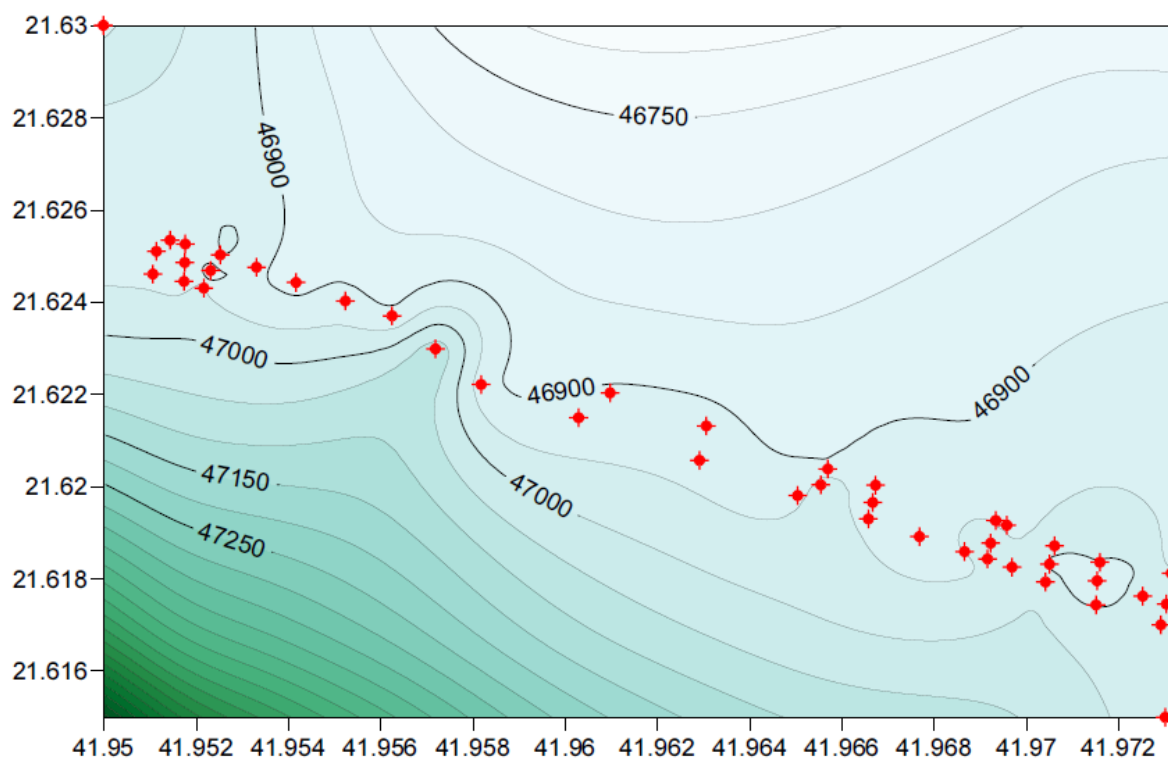
Преставата на тоталното магнетно поле во мерните точки е презентирано преку сликите 32 и 33.

Во првиот случај (слика 32), гридувањето на влезните податоци е направено со методот „Minimum Curvature“ како еден од понудените методи на софтверот. (100 x 65, однос на гридувани линии по X и Y)

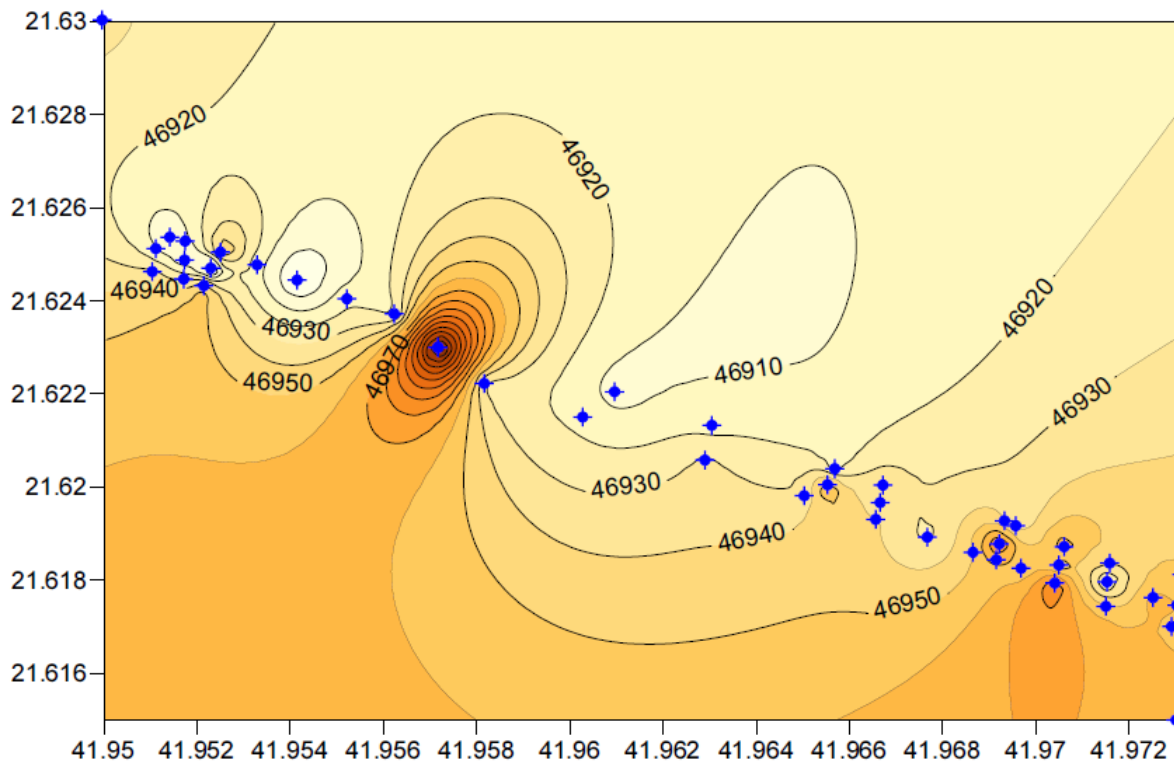
Во случајот прикажан на слика 33, гридувањето на податоците е по методот „Kriging“ со користење на линеарниот метод за вариограм. (однос 100 x 65)

Од прикажаното се воочува на аномалијата која се јавува при мерењето на магнетното поле на самата писта на нејзината централна линија и тоа баш во зоната на „Touch down“, зона која поради спецификата на примање на првиот удар на допирот со воздухопловот има појачани армирани делови во својата внатрешност.

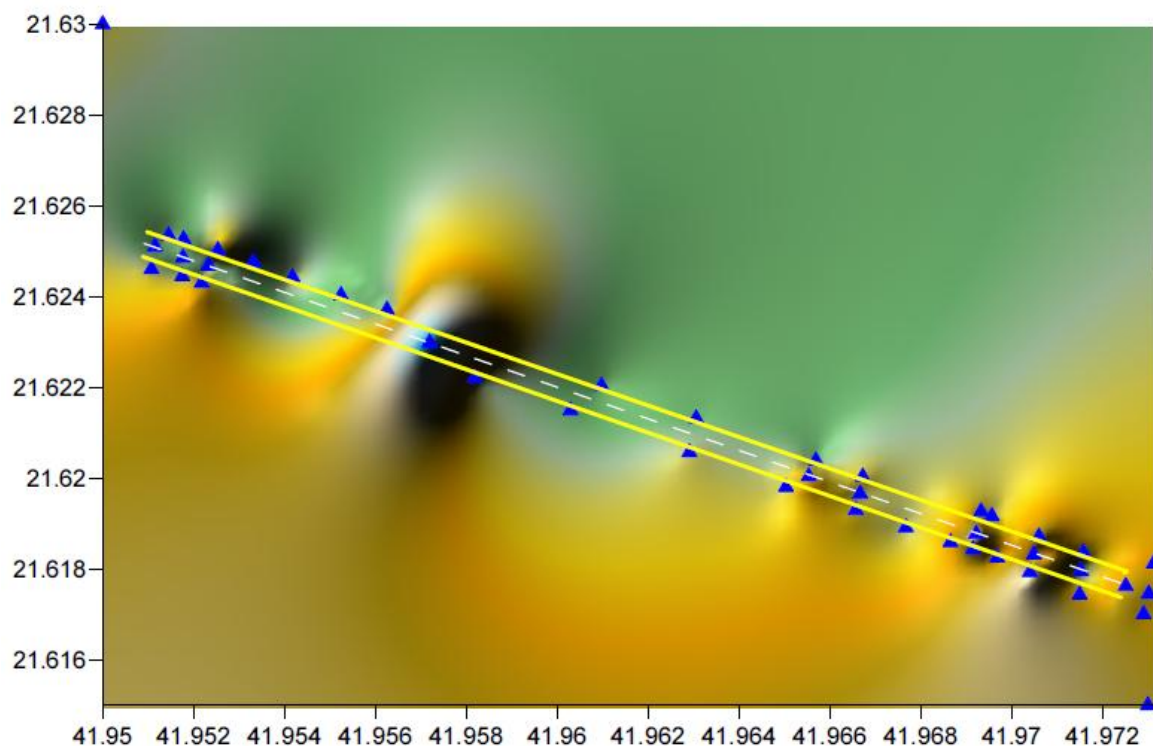
За поприфатлив преглед за визуелно презентирање на вредностите на измерените величини во референтните точки, 3Д сликите се именувани како слика 34 и слика 35.



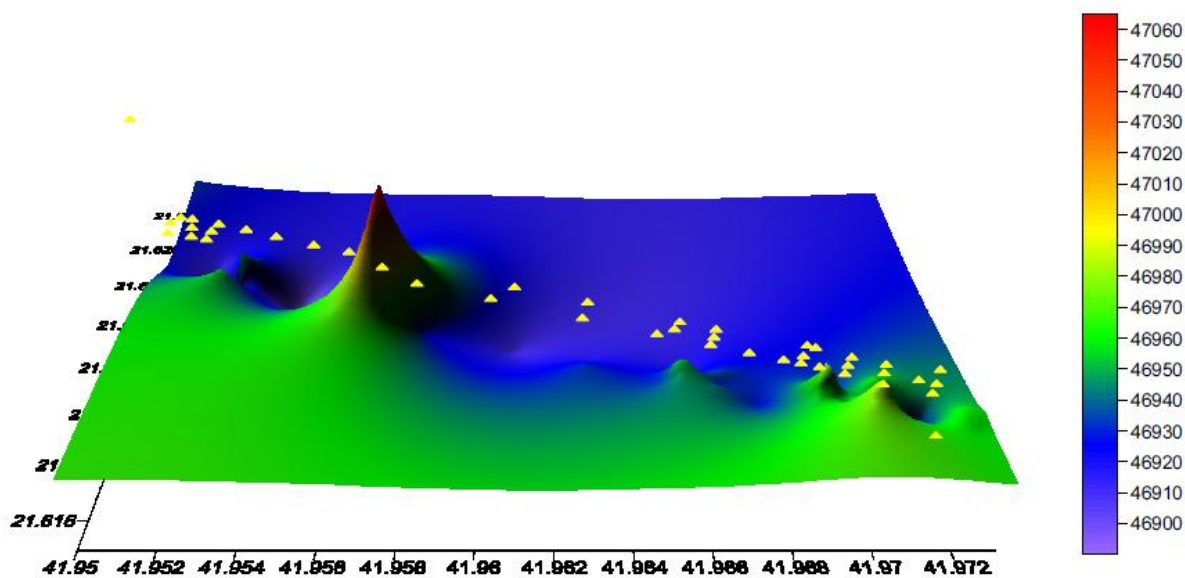
(Слика 32) Презентација - Surfer метод „Minimum Curvature“
(Figure 32) Presentation – Surfet method „Minimum Curvature“



(Слика 33) Презентација - Surfer метод „ Kriging “
(Figure 33) Presentation – Surfet method „ Kriging “

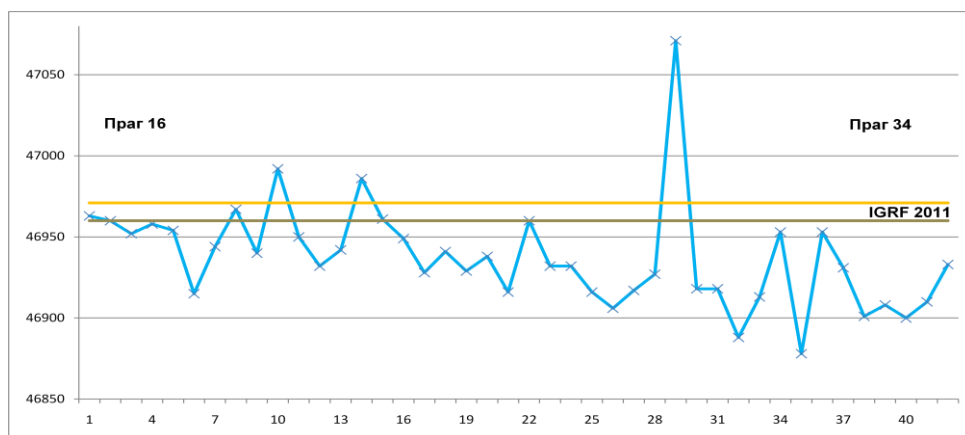


(Слика 34) 3Д презентација на тоталното поле
(Figure 34) 3D presentation of the total field



(Слика 35) 3Д презентација на тоталното поле
(Figure 35) 3D presentation of the total field

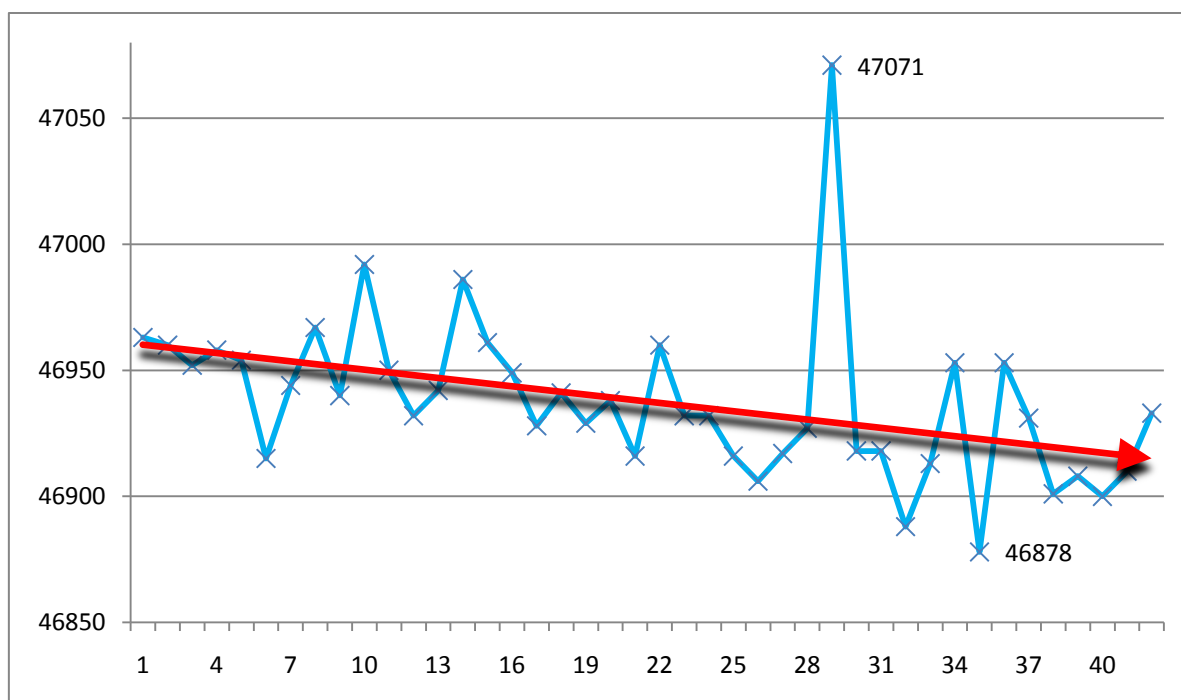
Примената на IGRF моделот за пресметка на елементите на магнетото поле на толку мала површина е не соодветна. Пресметките на тоталното поле за овие референтни точки е во рангот од 46960 nT до 46970 nT.



(Слика 36) Споредба на IGRF пресметани и измерени вредности

(Figure 36) Comparison of IGRF calculated and measured values

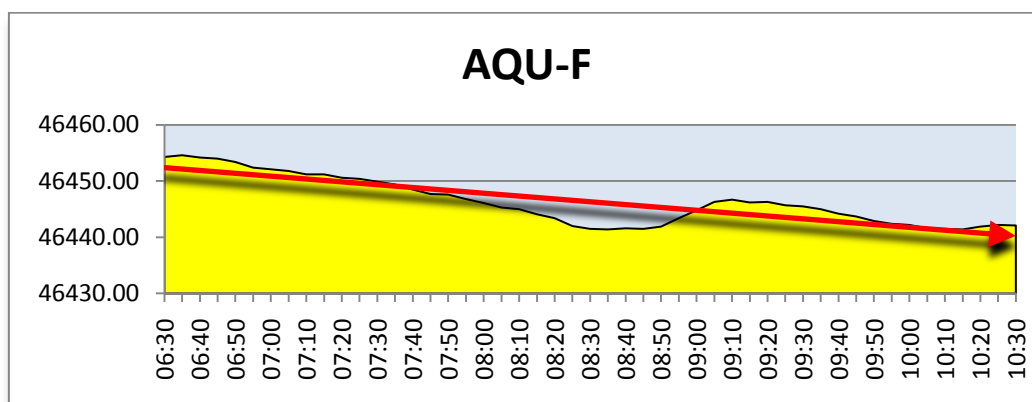
На сликата 37 е претставен трендот на движење на интензитетот на тоталното магнетно поле на референтните точки од полетно-слетната писта. Трендот во суштина ја прати кривата на дневната варијација која ја установивме погоре од добиените податоци од меѓународната размена.



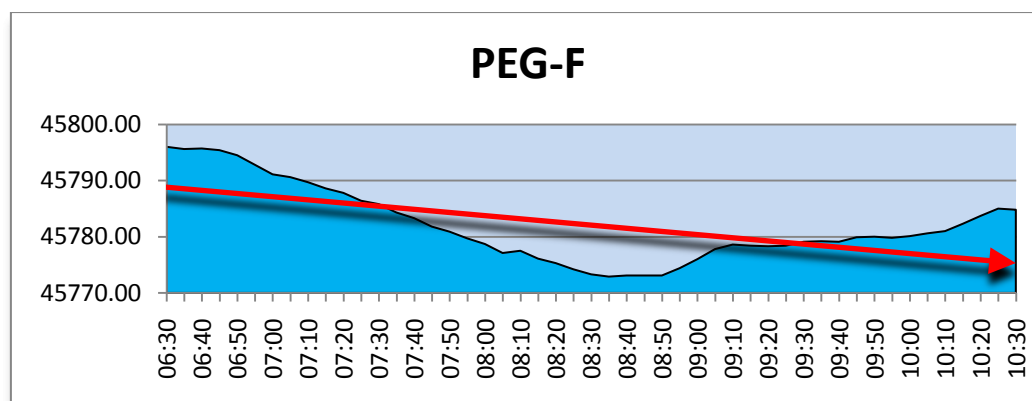
(Слика 37) Трендот на тоталното поле од измерените вредности

(Figure 37) The trend of total field from the measured values

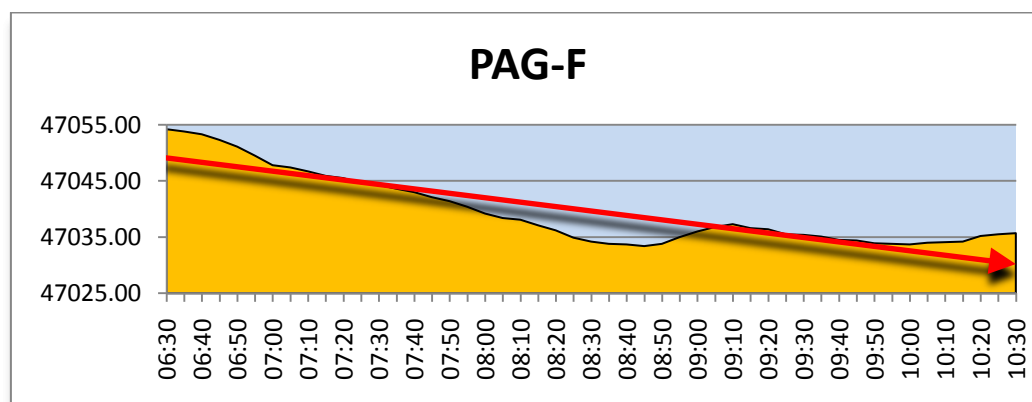
Трендот на тоталното поле креиран од податоците од INTERMAGNET по соодветна опсерваторија за временскиот опсег на мерењата е претставен на сликите 38,39 и 40 соодветно.



(Слика 38) Трендот на тоталното поле од извор AQU - Италија
(Figure 38) The trend of total field from source AQU - Italy



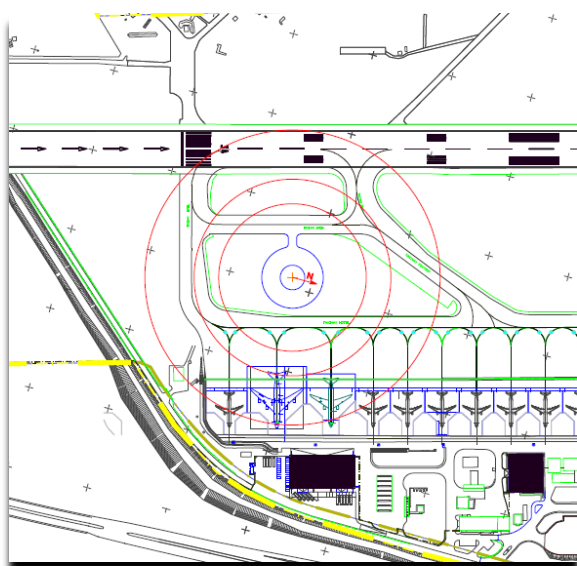
(Слика 39) Трендот на тоталното поле од извор PEG - Грција
(Figure 39) The trend of total field from source PEG - Greece



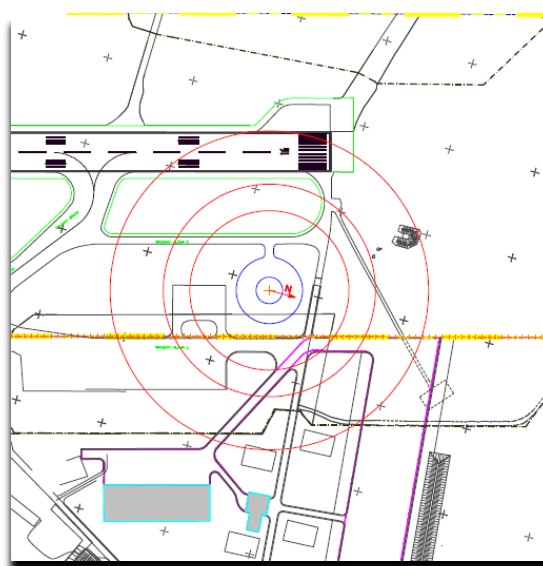
(Слика 40) Трендот на тоталното поле од извор PAG - Бугарија
(Figure 40) The trend of total field from source PAG - Bulgaria

11 Локација за компас роза на Аеродром „Александар Велики“

Разгледувајќи ги можностите на аеродромот „Александар Велики“ за поставување на компас роза на истиот, земајќи ги во предвид во најголема мера безбедноста на аеродромот, воздухопловите, возилата кои сообраќаат на помошните патишта на полетно-слетната писта, препреките од аспект на објекти и извори на големи магнетни влијанија, како можни позиции се издвојуваат (без никакви магнетни мерења кои имаат одлучувачки влијанија) локацијата кај помошниот пат Хотел, во близина на прагот 34 и локацијата кај помошниот пат Алфа, во близина на прагот 16. (слика 41 и слика 42).



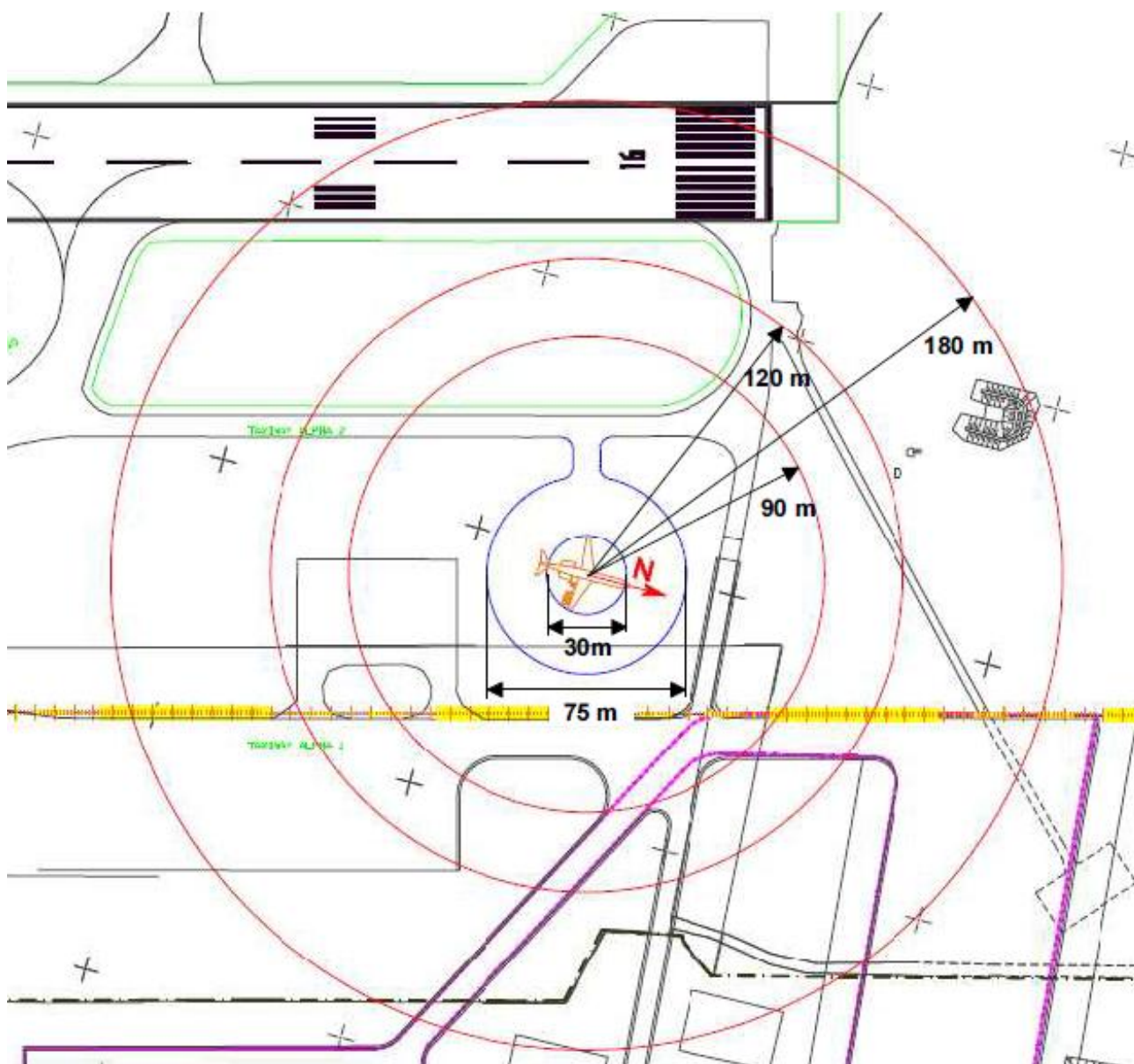
(Слика 41) Праг 34
(Figure 41) Runway 34



(Слика 42) Праг 16
(Figure 42) Runway 16

Во однос на овие две можни локации, од аспект на безбедност на движењата по помошните патишта (секако дека главен збор во однос на овие движења има контролорот на летање од контролната кула), со оглед на фактот да најголемиот број полетувања и слетувања се извршуваат на прагот 34, значи гледано од аспект на фреквентност на оваа локација одлуката ќе биде за локацијата во близина на прагот 16.

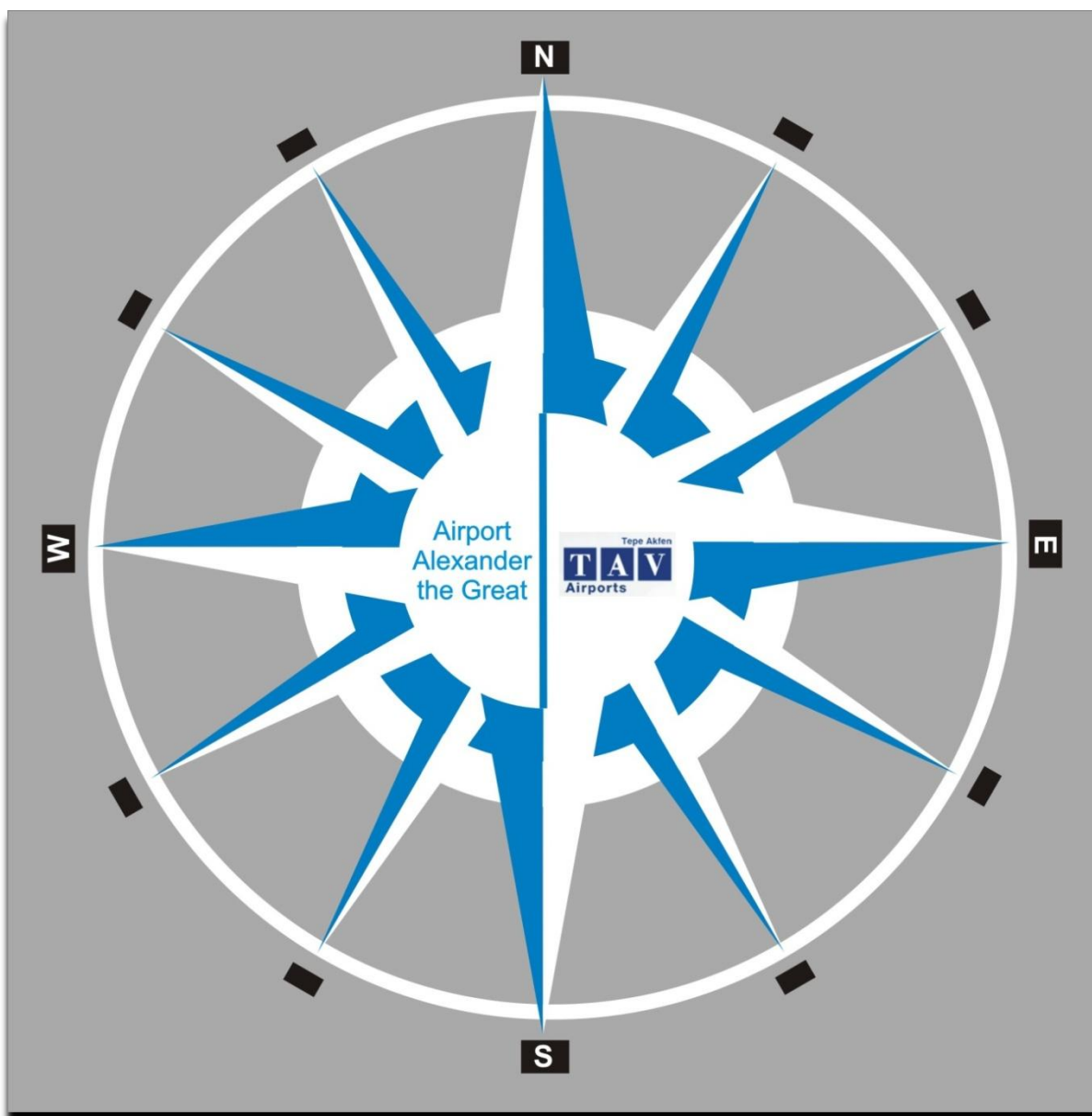
Како првично разгледување на самата локација (во однос на минималните потреби од растојанија предвидени по стандардите на FAA), предцртежот би изгледал како на слика 43.



(Слика 43) Предцртеж на локацијата на аеродромот „Александар Велики“
(Figure 43) Draft location on airport “Alexandar the Great”

На слика 43 е претставена компас роза со дијаметар од 75 метра во која во моментот на изработка е ставен воздухоплов од типот Ф-100 (Фокер 100) во вистинска големина.

Идеја за изглед на компас розата на аеродромот „Александар Велики“ е претставен на слика 44.



(Слика 44) Идеа за компас роза на аеродромот „Александар Велики“
(Figure 44) Idea for a compass rose at the airport "Alexander the Great"

12 Заклучок

При изработка на магистерската теза беа исполнети поставените цели:

1. Спроведените истражувања преставуваат допринос во нови сознанија за геомагнетното поле на аеродромот „Александар Велики“;
2. Извршените мерења на интензитетот на тоталниот вектор $F=|T|$, покажа дека опремата на Катедрата ги задоволува највисоките стандарди за мерна техника;
3. Изработени се карти на тоталниот вектор на геомагнетното поле на полетно-слетната писта на аеродромот „Александар Велики“ кои се први од ваков вид во Република Македонија;
4. Теренските мерења и проучувањата на геомагнетното поле направени во овој магистерски труд претставува успешен почеток за започнување на нови истражувања на геомагнетното поле на аеродромот „Александар Велики“, а се надевам во блиска иднина и на аеродромот „Св. Апостол Павле“.
5. Со примена на строгите барања на ФАА направена е пред-проценка на можната локација за изработка на компас роза на аеродромот „Александар Велики“

Врз основа на спроведените истражувања во овој труд може да се донесе следниот заклучок:

Спроведените истражувања и презентираниите резултати се добра основа за понатамошно продлабочено изучување на геомагнетното поле во областа на авијацијата, како од аспект за безбедност во одвивањето на воздухопловните операции на воздухопловните пристаништа во нашата земја, така и од научно-истражувачки аспект.

Како голем мотив за овој труд секако претставува и препораката од меѓународната организација за цивилното воздухопловство (ICAO), која почнува со интензивирање на истражувањата и пропишувањата на „правилата за игра“ во корелација со геомагнетните полиња на воздухопловните пристаништа ширум светот.

За вклучување во редот на Земјите кои го изучуваат и перманентно набљудуваат геомагнетното поле на својата територија и на локации од посебен интерес кој директно ќе влијае на безбедноста во воздушниот сообраќај потребно е:

-Изградба на геомагнетна опсерваторија на Република Македонија, за која имаме идеални услови и луѓе кои би се ангажирале со сето свое знаење и искуство за да се реализира тоа

-Редовно дво годишно мерење на елементите на геомагнетното поле на аеродромите во Република Македонија

-Изработка на карти и модели на елементите на геомагнетното поле за секоја епоха на пет години

Како мој допринос кон реализација на установување на перманентно мониторирање на геомагнетното поле во нашата земја ќе биде учество во ангажман за регистрација на идната опсерваторија во меѓународната организација за размена на податоци INTERMAGNET, како и изработка на софтверска апликација за аквизација, кодирање и испраќање на мерните податоци кон INTERMAGNET. Се надевам дека со ваков чекор ќе допринесеме кон поголемо афирмирање на Република Македонија во светот.

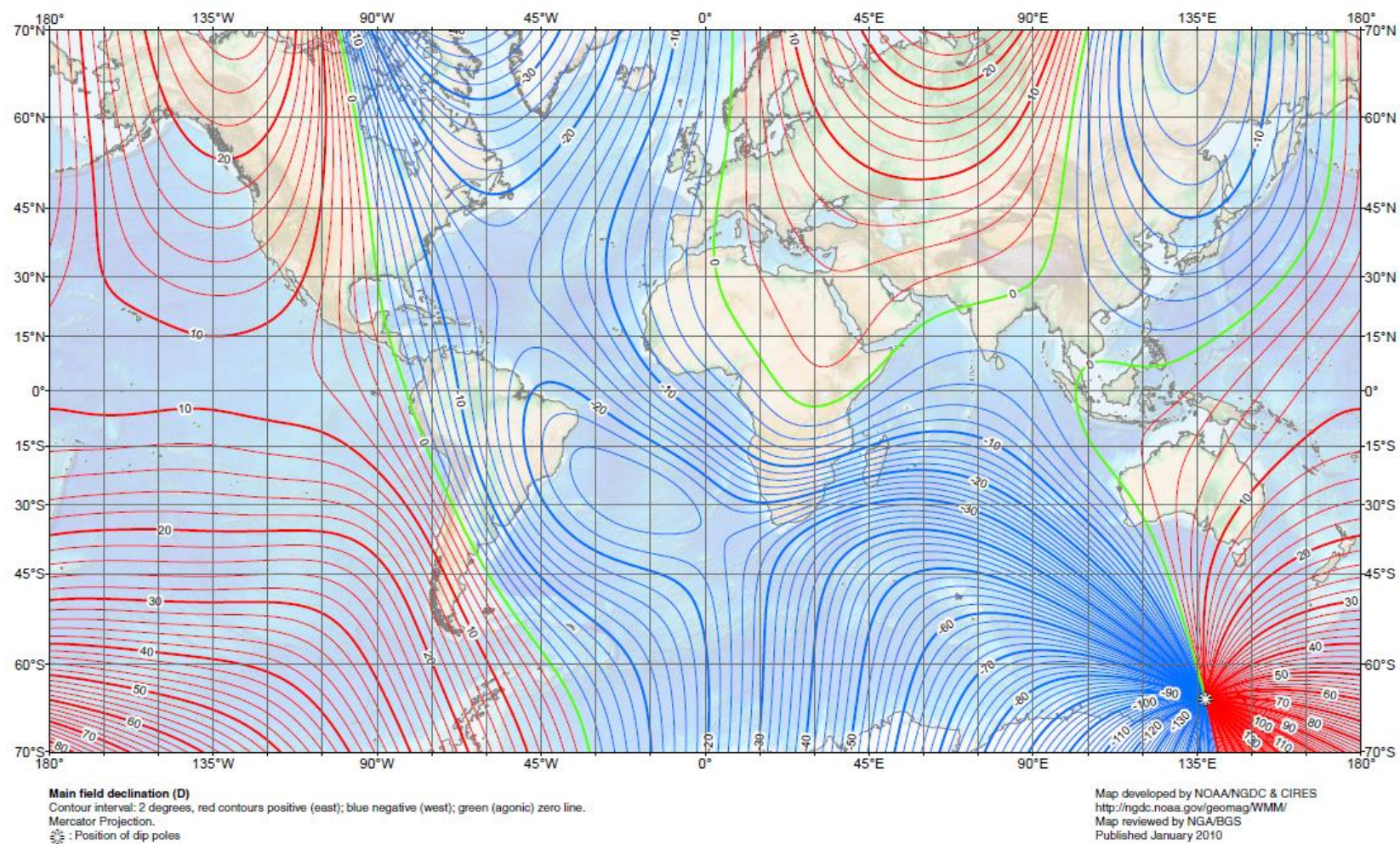
13 Прилози



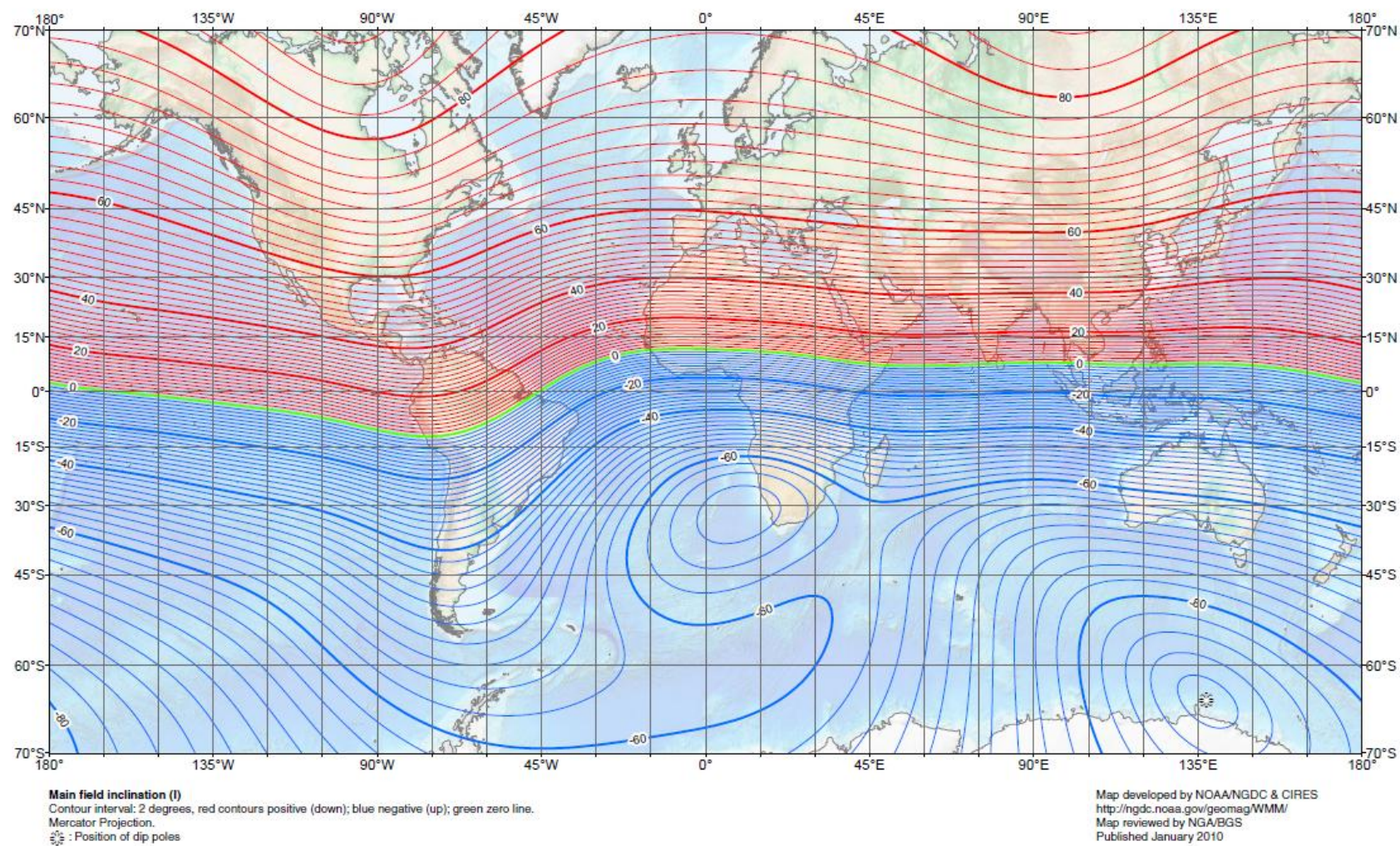
По успешното неколку часовно мерење тимот е задоволен од резултатите.



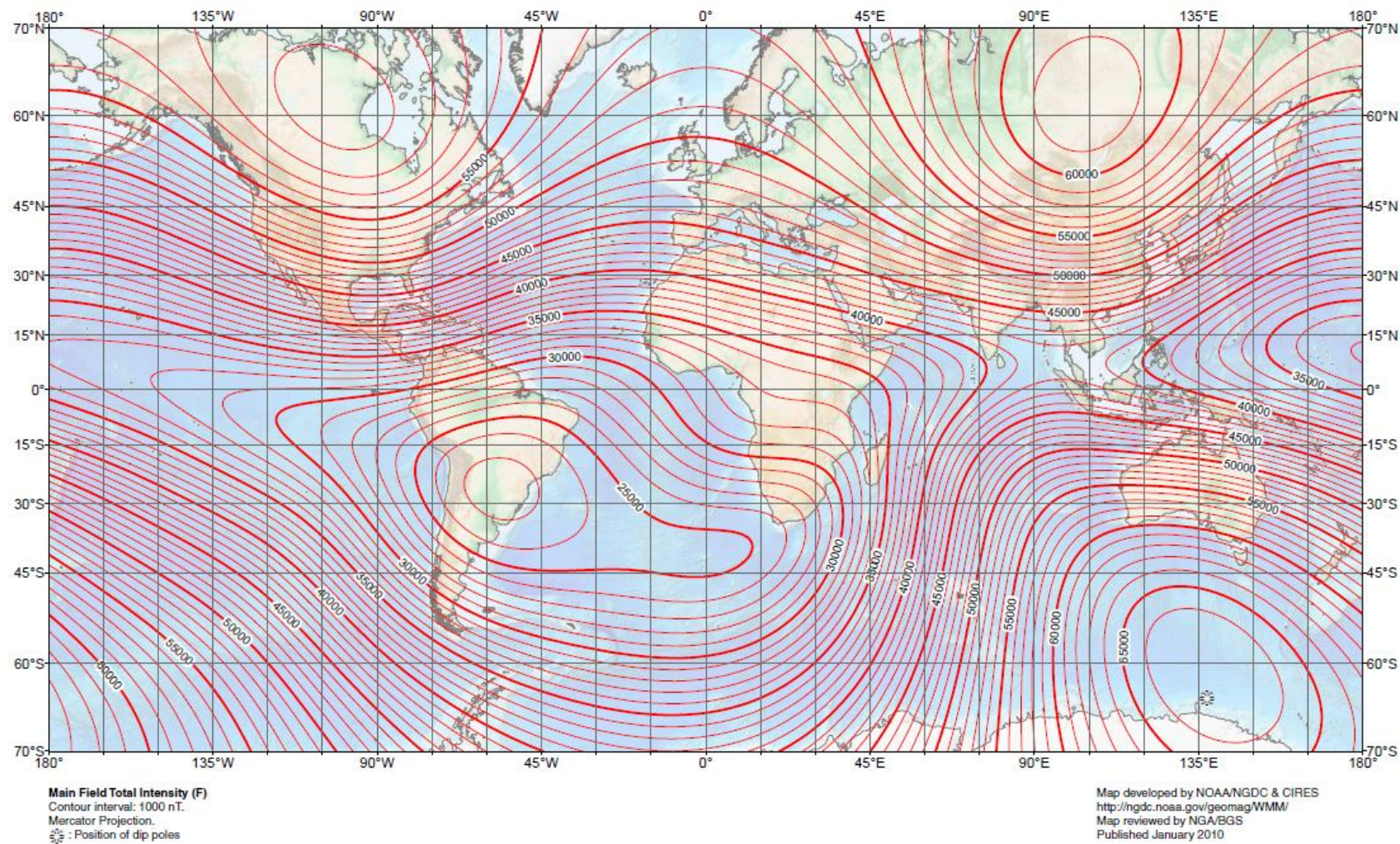
US/UK World Magnetic Model -- Epoch 2010.0
Main Field Declination (D)

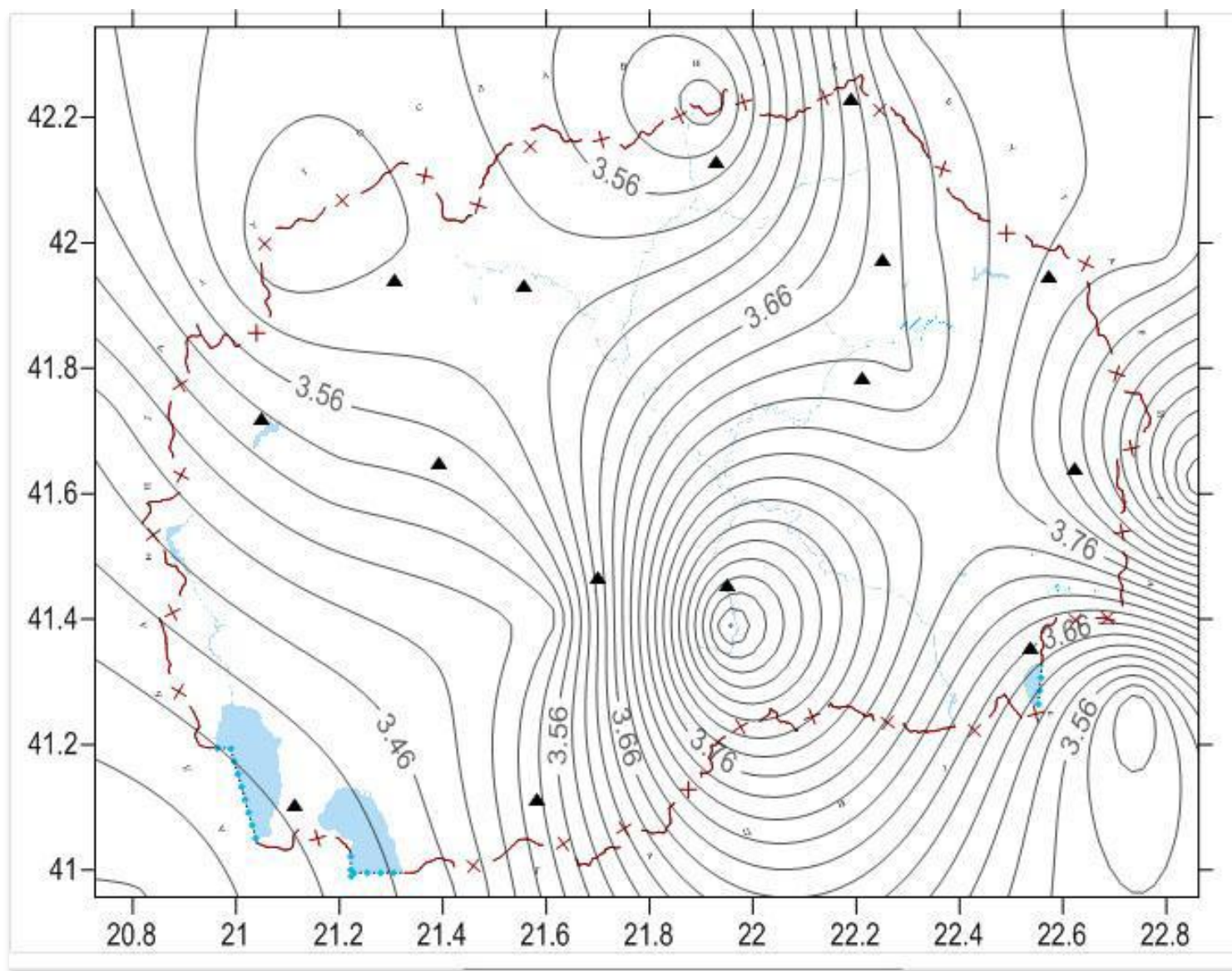


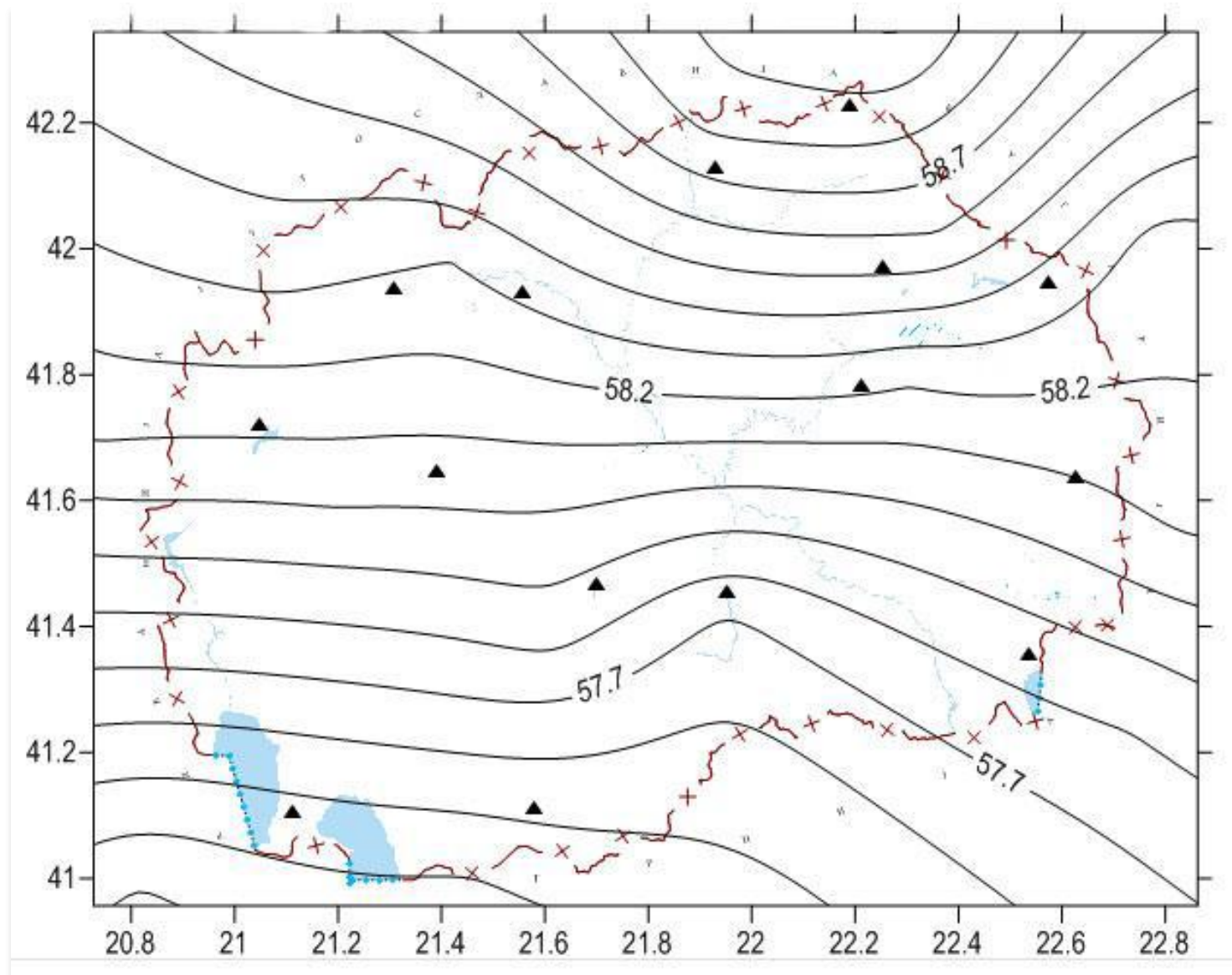
US/UK World Magnetic Model -- Epoch 2010.0
Main Field Inclination (I)

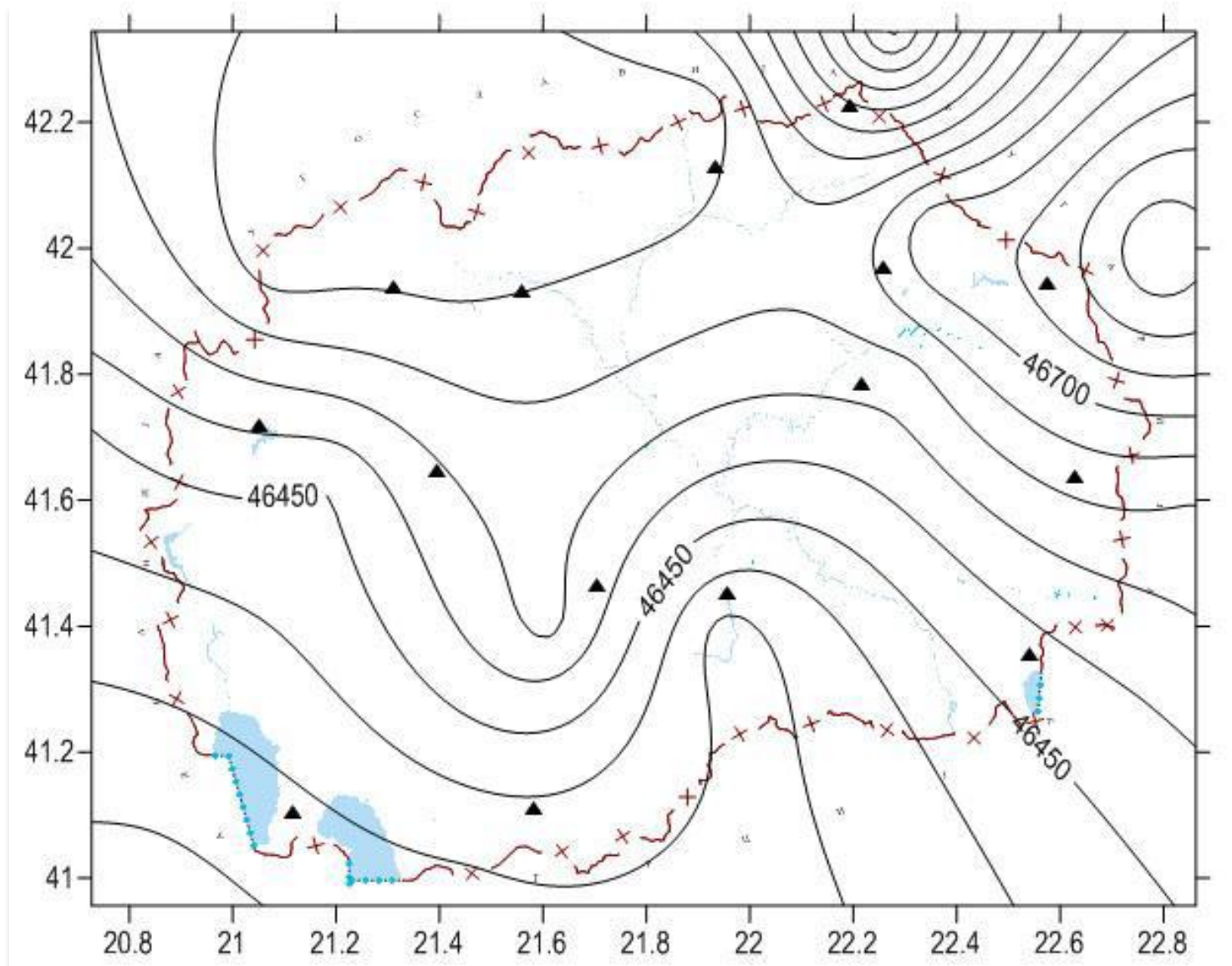


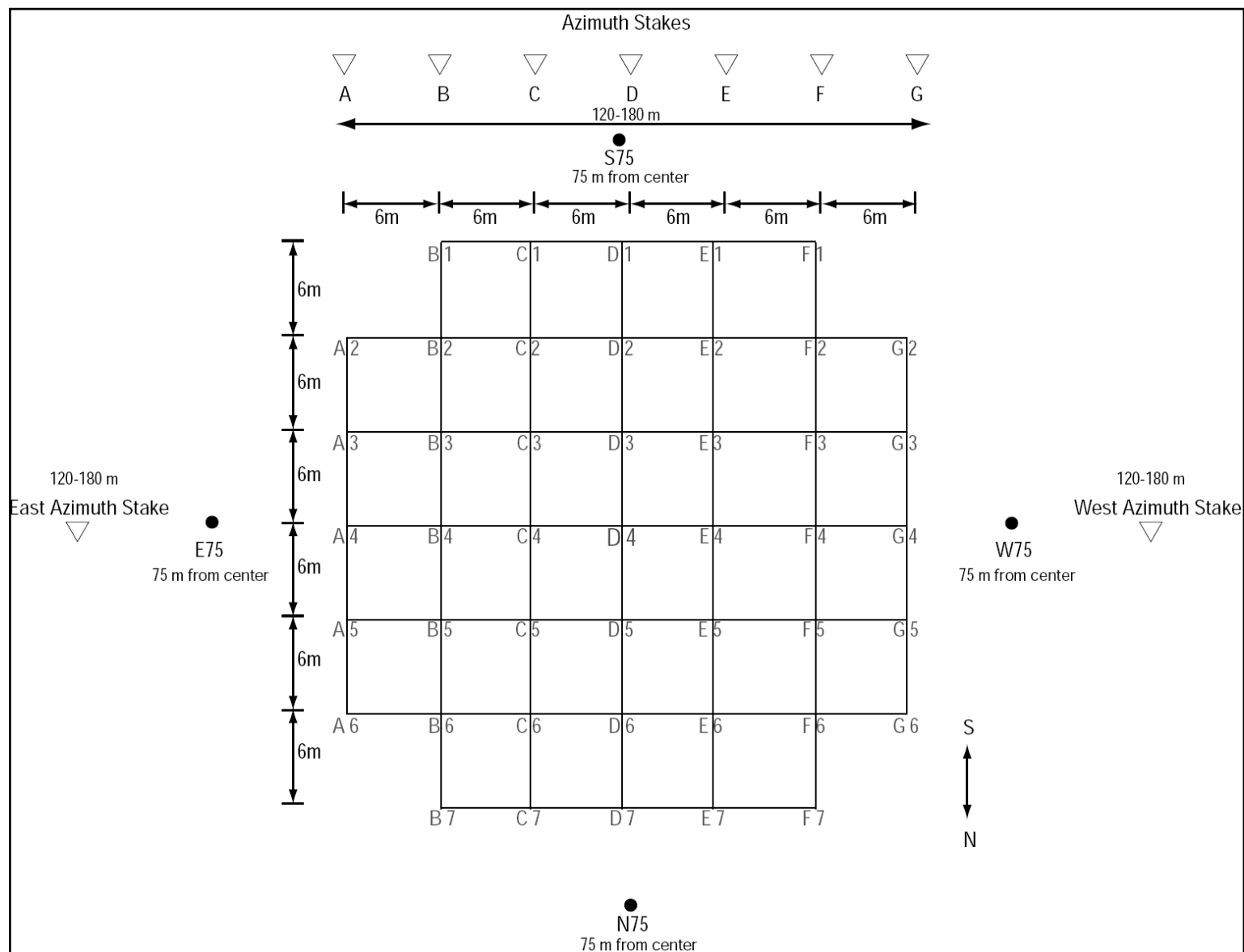
US/UK World Magnetic Model -- Epoch 2010.0
Main Field Total Intensity (F)

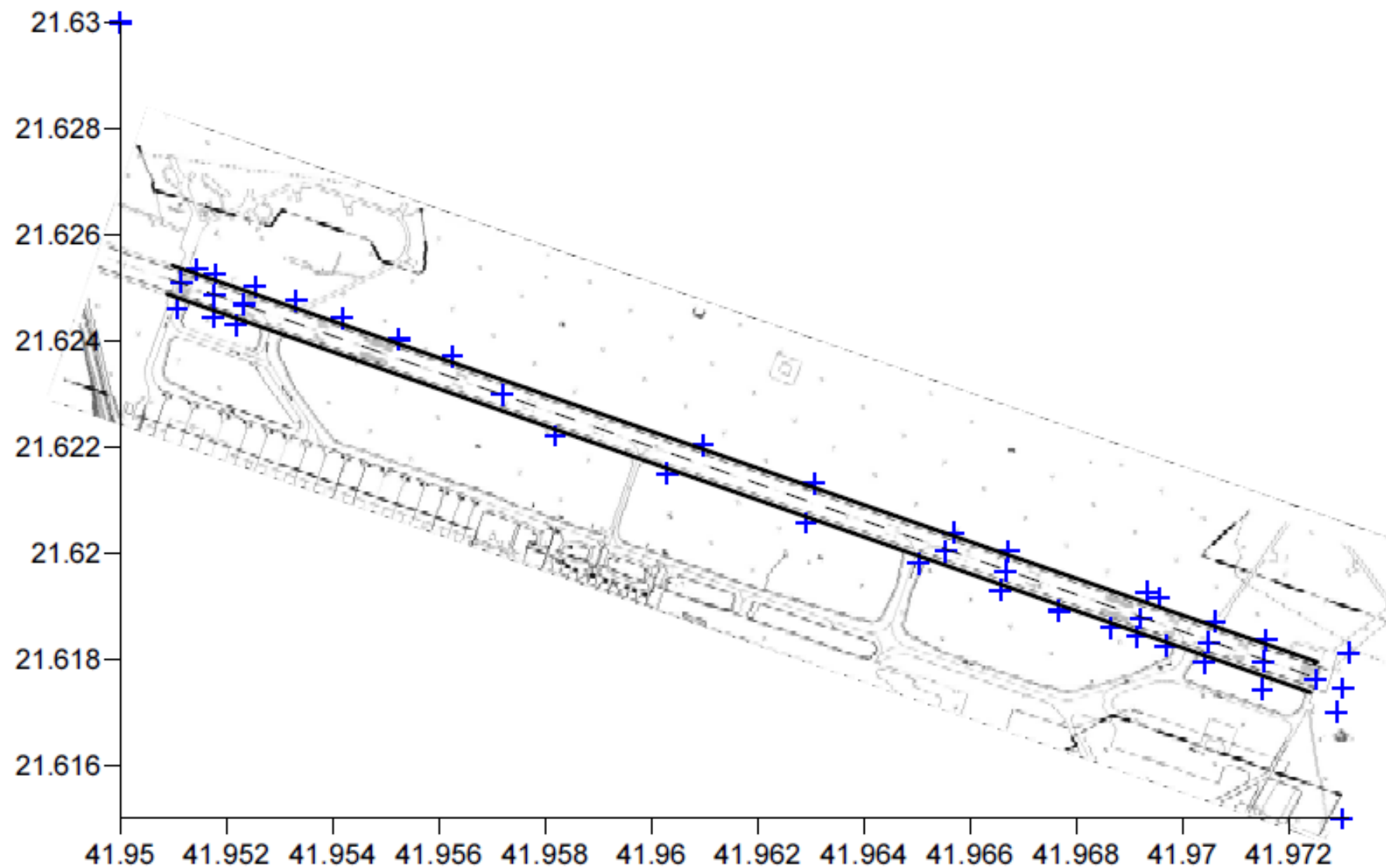


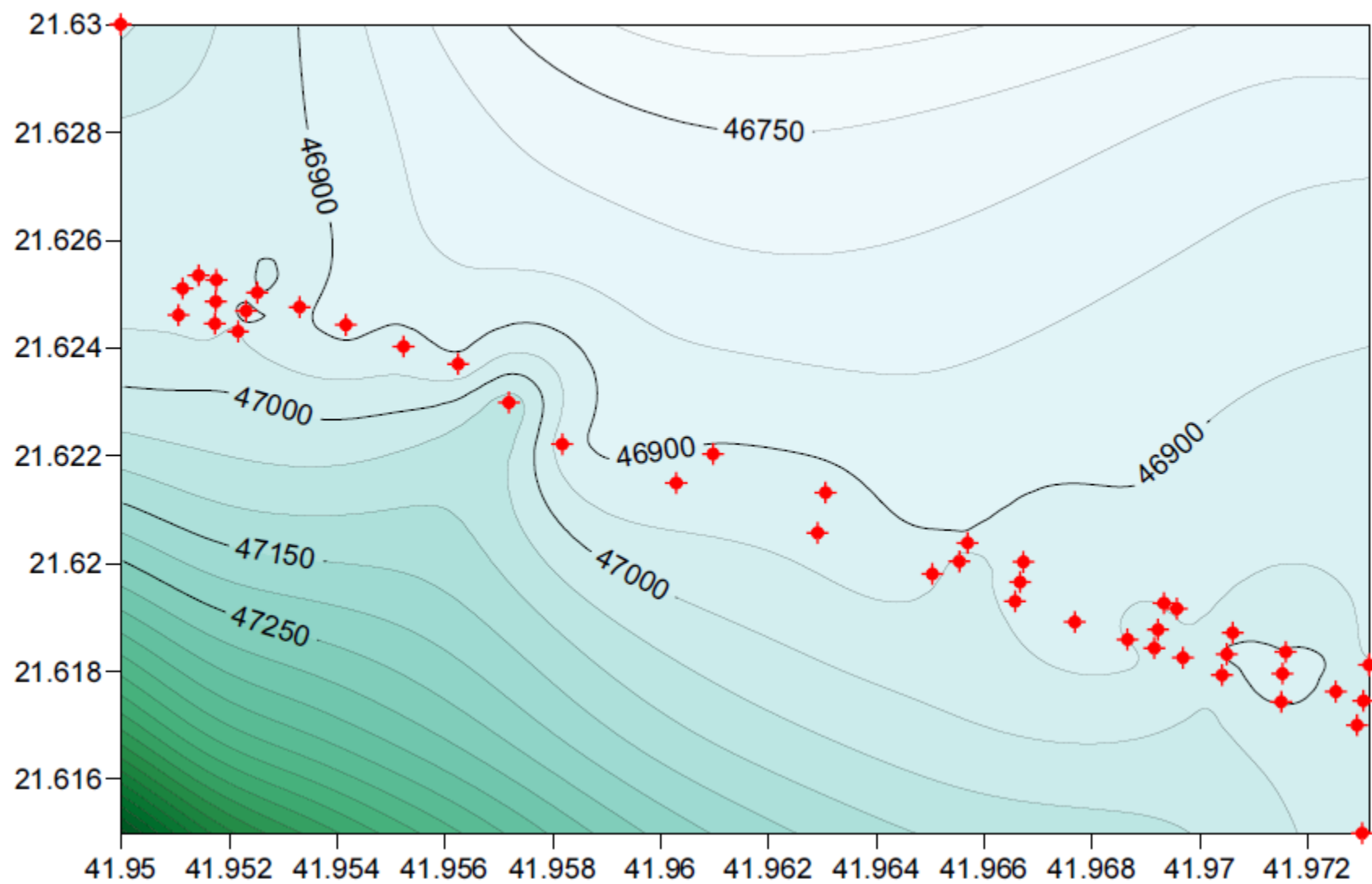


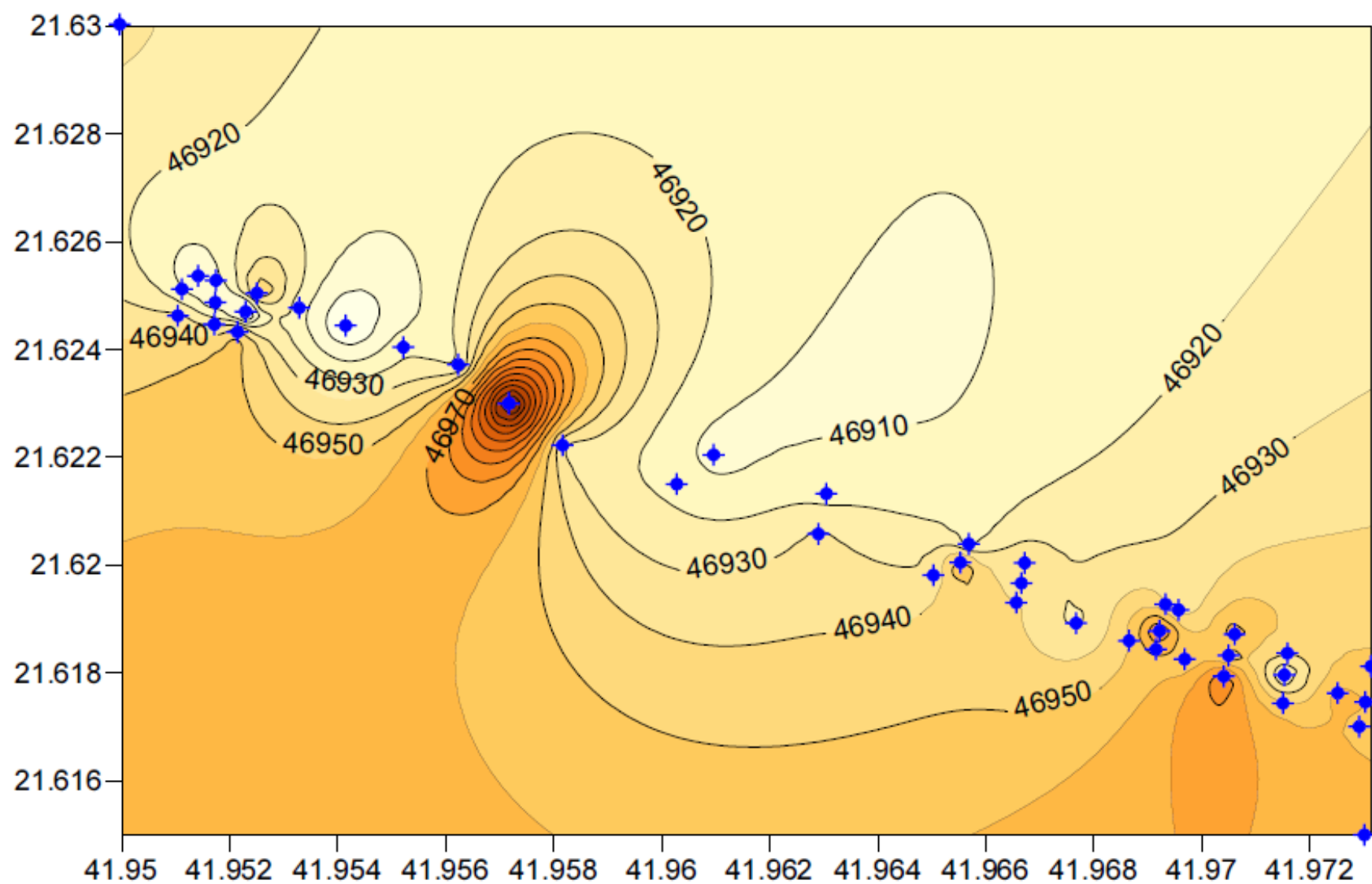


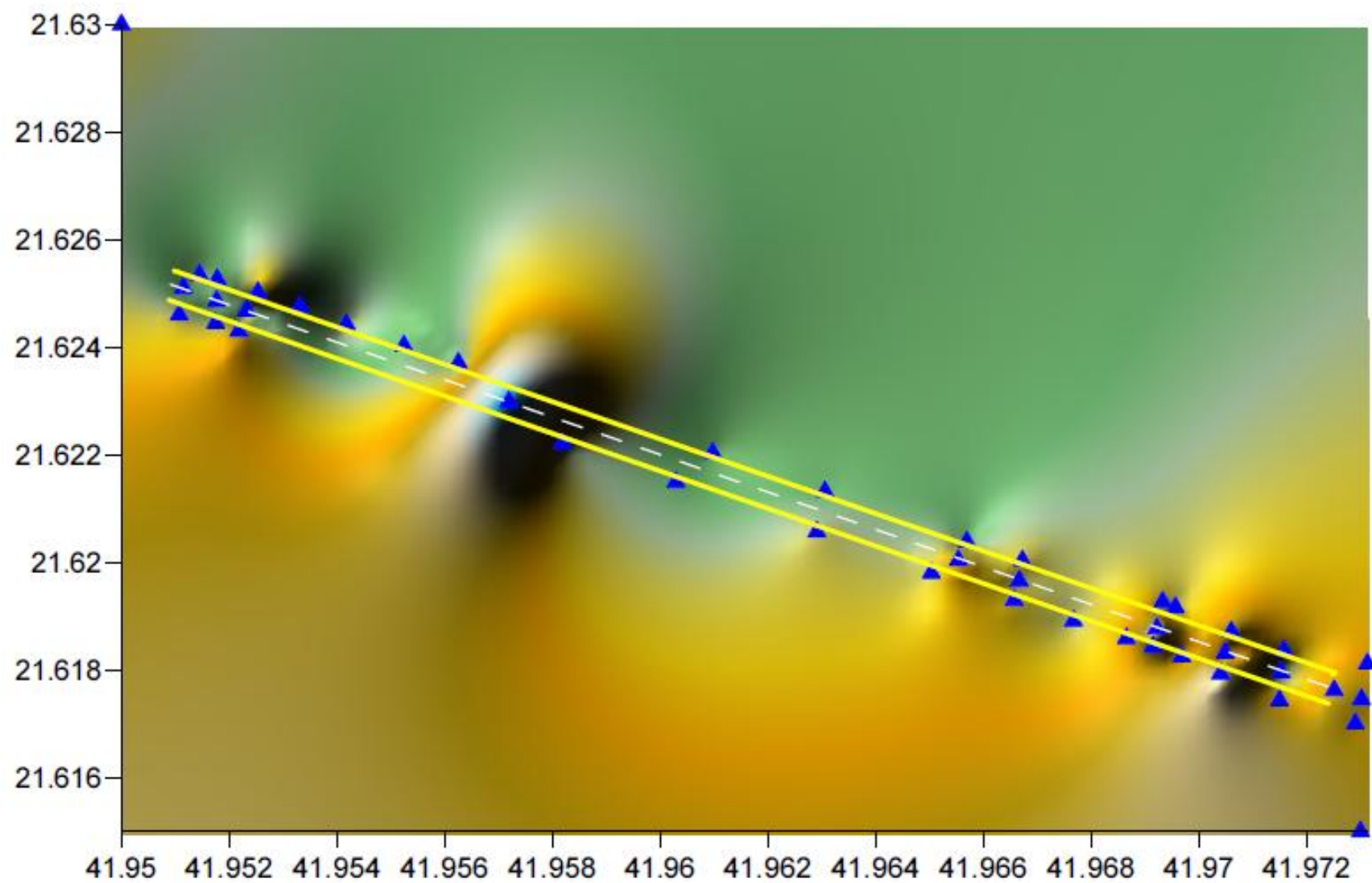




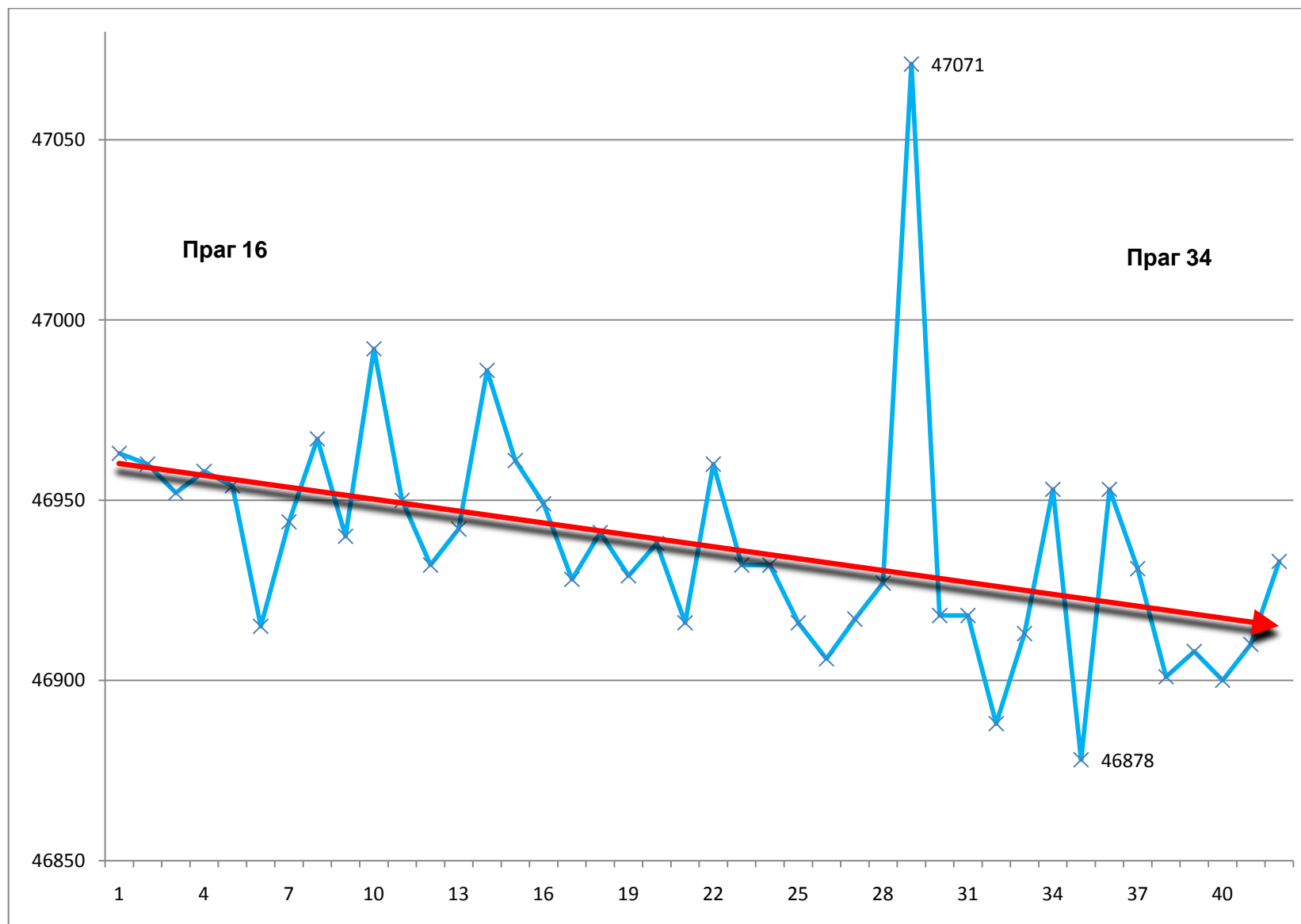












Тотално поле (F) - 10.05.2011 Извор AQU-Италија)

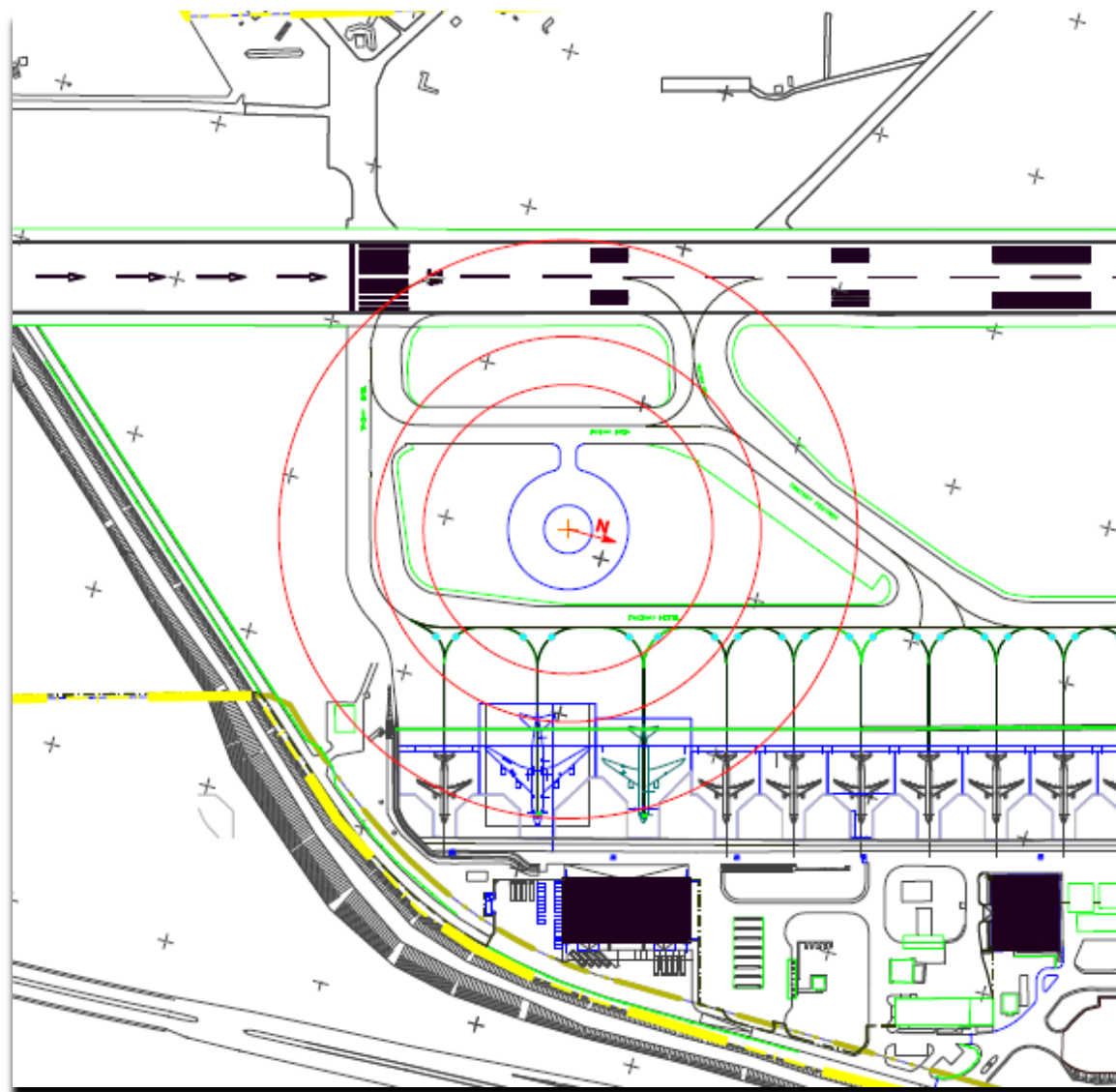


Тотално поле (F) - 10.05.2011 Извор РЕГ-Грција)



Тотално поле (F) - 10.05.2011 Извор РАГ-Бугарија)







```

Format                IAGA-2002
Source of Data        Istituto Nazionale di Geofisica
Station Name          L'Aquila
IAGA CODE             AQU
Geodetic Latitude     47.600
Geodetic Longitude    13.300
Elevation
Reported              HDZF
Sensor Orientation
Digital Sampling
Data Interval Type    Average 1-Minute
Data Type             variation
# DECBAS              000000 (Baseline declination value in
#                      tenths of minutes East (0-216,000)).
# This data file was converted from INTERMAGNET IMFV1.22
# data by Ottawa GIN. These data were acquired
# from an INTERMAGNET Reported data file.
# Final data will be available on the INTERMAGNET DVD.
# Go to www.intermagnet.org for details on obtaining this product.
# CONDITIONS OF USE: The Conditions of Use for data provided
# through INTERMAGNET and acknowledgement templates can be found
# at www.intermagnet.org
DATE      TIME      DOY      AQUH      AQUD      AQUZ      AQUF
2011-05-10 00:00:00.000 130      234.40      42.65      361.30      46451.90
2011-05-10 00:01:00.000 130      234.60      42.65      361.20      46451.90
2011-05-10 00:02:00.000 130      234.80      42.64      361.30      46452.00
2011-05-10 00:03:00.000 130      234.90      42.63      361.40      46452.10
2011-05-10 00:04:00.000 130      235.00      42.63      361.40      46452.10
2011-05-10 00:05:00.000 130      235.10      42.62      361.40      46452.20
.....
2011-05-10 06:29:00.000 130      234.10      44.96      364.50      46454.60
2011-05-10 06:30:00.000 130      233.50      45.04      364.50      46454.30
2011-05-10 06:31:00.000 130      233.60      45.06      364.50      46454.40
.....
2011-05-10 10:28:00.000 130      233.70      42.83      350.70      46442.20
2011-05-10 10:29:00.000 130      233.60      42.81      350.70      46442.10
2011-05-10 10:30:00.000 130      233.60      42.80      350.60      46442.10
2011-05-10 10:31:00.000 130      233.70      42.77      350.60      46442.20
.....
2011-05-10 23:50:00.000 130      222.60      43.04      363.30      46447.20
2011-05-10 23:51:00.000 130      223.90      42.96      363.40      46447.90
2011-05-10 23:52:00.000 130      224.70      42.97      363.30      46448.30
2011-05-10 23:53:00.000 130      224.90      43.01      363.20      46448.30
2011-05-10 23:54:00.000 130      224.80      43.07      363.20      46448.30
2011-05-10 23:55:00.000 130      224.30      43.16      363.10      46448.00
2011-05-10 23:56:00.000 130      223.60      43.25      363.00      46447.60
2011-05-10 23:57:00.000 130      223.10      43.31      363.00      46447.20
2011-05-10 23:58:00.000 130      223.00      43.31      363.00      46447.20
2011-05-10 23:59:00.000 130      223.70      43.29      363.00      46447.60

```

Напомена: Целиот листинг е 22 станици, затоа претставени се само дел од податоците.

```

Format          IAGA-2002
Source of Data   Geophysical Institute of the Bulgarian Academ
Station Name     Panagjurishte
IAGA CODE        PAG
Geodetic Latitude 42.500
Geodetic Longitude 24.200
Elevation
Reported         XYZF
Sensor Orientation
Digital Sampling
Data Interval Type 1-minute
Data Type         variation
# This data file was created using INTERMAGNET data
# from the Edinburgh GIN. These data were acquired
# from an INTERMAGNET reported data file.
# Final data will be available on the INTERMAGNET DVD
# Go to www.intermagnet.org for details on obtaining this product.
# CONDITIONS OF USE: The conditions of use for data provided
# through INTERMAGNET and acknowledgement templates can be found
# at www.intermagnet.org
DATE            TIME            DOY            PAGX            PAGY            PAGZ            PAGF
2011-05-10      00:00:00.000      130            23701.70         1639.70         40658.10         47055.30
2011-05-10      00:01:00.000      130            23701.90         1639.70         40658.10         47055.40
2011-05-10      00:02:00.000      130            23702.10         1639.50         40658.10         47055.50
2011-05-10      00:03:00.000      130            23702.20         1639.50         40658.10         47055.50
.....
2011-05-10      06:28:00.000      130            23696.30         1669.80         40659.10         47054.60
2011-05-10      06:29:00.000      130            23696.30         1669.80         40659.00         47054.50
2011-05-10      06:30:00.000      130            23696.00         1670.40         40658.90         47054.20
2011-05-10      06:31:00.000      130            23696.10         1670.60         40658.80         47054.10
2011-05-10      06:32:00.000      130            23696.00         1671.10         40658.70         47054.10
.....
2011-05-10      10:27:00.000      130            23700.70         1626.30         40636.30         47035.50
2011-05-10      10:28:00.000      130            23701.10         1626.30         40636.40         47035.70
2011-05-10      10:29:00.000      130            23701.10         1626.20         40636.30         47035.70
2011-05-10      10:30:00.000      130            23701.10         1626.10         40636.40         47035.70
2011-05-10      10:31:00.000      130            23701.20         1625.90         40636.40         47035.80
2011-05-10      10:32:00.000      130            23701.40         1625.60         40636.40         47035.90
.....
2011-05-10      23:52:00.000      130            23689.80         1641.50         40659.50         47050.60
2011-05-10      23:53:00.000      130            23690.20         1642.00         40659.60         47050.90
2011-05-10      23:54:00.000      130            23690.20         1642.50         40659.70         47051.00
2011-05-10      23:55:00.000      130            23690.00         1643.50         40659.80         47051.00
2011-05-10      23:56:00.000      130            23689.40         1644.40         40659.90         47050.80
2011-05-10      23:57:00.000      130            23689.00         1644.80         40659.90         47050.60
2011-05-10      23:58:00.000      130            23689.00         1644.60         40659.90         47050.60
2011-05-10      23:59:00.000      130            23689.60         1644.10         40659.80         47050.80

```

Напомена: Целиот листинг е 22 станици, затоа претставени се само дел од податоците.

```

Format                IAGA-2002
Source of Data         Institute of Geology and Mineral Exploration,
Station Name           Pedeli
IAGA CODE              PEG
Geodetic Latitude      38.100
Geodetic Longitude     23.900
Elevation
Reported               XYZF
Sensor Orientation
Digital Sampling
Data Interval Type     1-minute
Data Type              variation
# This data file was created using INTERMAGNET data
# from the Edinburgh GIN. These data were acquired
# from an INTERMAGNET adjusted data file.
# Final data will be available on the INTERMAGNET DVD
# Go to www.intermagnet.org for details on obtaining this product.
# CONDITIONS OF USE: The conditions of use for data provided
# through INTERMAGNET and acknowledgement templates can be found
# at www.intermagnet.org
DATE      TIME      DOY      PEGX      PEGY      PEGZ      PEGF
2011-05-10 00:00:00.000 130      26410.80   1815.90   37370.60   45797.00
2011-05-10 00:01:00.000 130      26410.80   1815.90   37370.60   45797.10
2011-05-10 00:02:00.000 130      26410.80   1815.80   37370.60   45797.10
.....
2011-05-10 06:28:00.000 130      26407.60   1845.10   37369.80   45796.00
2011-05-10 06:29:00.000 130      26407.50   1845.30   37369.80   45796.00
2011-05-10 06:30:00.000 130      26407.60   1845.20   37369.80   45796.00
2011-05-10 06:31:00.000 130      26407.30   1845.60   37369.80   45795.80
2011-05-10 06:32:00.000 130      26407.30   1845.90   37369.80   45795.70
.....
2011-05-10 10:29:00.000 130      26417.50   1805.80   37351.40   45784.90
2011-05-10 10:30:00.000 130      26417.50   1805.80   37351.40   45784.80
2011-05-10 10:31:00.000 130      26417.50   1805.60   37351.40   45784.90
2011-05-10 10:32:00.000 130      26417.50   1805.40   37351.40   45784.90
.....
2011-05-10 23:49:00.000 130      26396.40   1820.30   37371.30   45789.70
2011-05-10 23:50:00.000 130      26396.40   1820.10   37371.30   45789.80
2011-05-10 23:51:00.000 130      26396.40   1819.90   37371.40   45789.80
2011-05-10 23:52:00.000 130      26397.40   1819.10   37371.70   45790.40
2011-05-10 23:53:00.000 130      26398.40   1818.80   37371.70   45791.10
2011-05-10 23:54:00.000 130      26398.50   1819.10   37371.80   45791.20
2011-05-10 23:55:00.000 130      26398.60   1819.40   37372.00   45791.40
2011-05-10 23:56:00.000 130      26398.30   1820.20   37371.70   45791.10
2011-05-10 23:57:00.000 130      26397.70   1820.70   37371.70   45790.60
2011-05-10 23:58:00.000 130      26397.40   1821.10   37371.30   45790.30
2011-05-10 23:59:00.000 130      26397.10   1821.00   37371.30   45790.20

```

Напомена: Целиот листинг е 22 станици, затоа претставени се само дел од податоците.

```

Format                IAGA-2002
Source of Data         Geomagnetic College, Grocka
Station Name           Grocka
IAGA CODE              GCK
Geodetic Latitude      44.600
Geodetic Longitude     20.800
Elevation
Reported               XYZF
Sensor Orientation
Digital Sampling
Data Interval Type     1-minute
Data Type              variation
# This data file was created using INTERMAGNET data
# from the Edinburgh GIN. These data were acquired
# from an INTERMAGNET reported data file.
# Final data will be available on the INTERMAGNET DVD
# Go to www.intermagnet.org for details on obtaining this product.
# CONDITIONS OF USE: The conditions of use for data provided
# through INTERMAGNET and acknowledgement templates can be found
# at www.intermagnet.org
DATE      TIME      DOY      GCKX      GCKY      GCKZ      GCKF
2011-05-10 00:00:00.000 130      171.60    164.90    213.10    99999.00
2011-05-10 00:01:00.000 130      171.60    164.90    213.10    99999.00
2011-05-10 00:02:00.000 130      171.80    164.90    213.00    99999.00
2011-05-10 00:03:00.000 130      172.00    164.80    213.00    99999.00
.....
2011-05-10 06:27:00.000 130      167.70    192.70    216.50    99999.00
2011-05-10 06:28:00.000 130      167.30    192.80    216.60    99999.00
2011-05-10 06:29:00.000 130      167.30    192.80    216.60    99999.00
2011-05-10 06:30:00.000 130      167.10    193.30    216.50    99999.00
2011-05-10 06:31:00.000 130      166.90    193.70    216.40    99999.00
.....
2011-05-10 10:27:00.000 130      167.40    155.30    190.80    99999.00
2011-05-10 10:28:00.000 130      168.00    155.40    190.80    99999.00
2011-05-10 10:29:00.000 130      168.20    155.30    190.60    99999.00
2011-05-10 10:30:00.000 130      168.10    155.20    190.60    99999.00
2011-05-10 10:31:00.000 130      168.30    155.00    190.60    99999.00
2011-05-10 10:32:00.000 130      168.50    154.50    190.60    99999.00
.....
2011-05-10 23:53:00.000 130      160.90    166.70    214.90    99999.00
2011-05-10 23:54:00.000 130      161.40    167.20    214.80    99999.00
2011-05-10 23:55:00.000 130      161.10    168.30    214.80    99999.00
2011-05-10 23:56:00.000 130      160.50    169.20    214.80    99999.00
2011-05-10 23:57:00.000 130      159.90    170.30    214.80    99999.00
2011-05-10 23:58:00.000 130      159.40    170.30    214.80    99999.00
2011-05-10 23:59:00.000 130      159.80    169.90    214.70    99999.00

```

Напомена 1: Целиот листинг е 22 станици, затоа претставени се само дел од податоците.

Напомена 2: Податоците за тоталното поле (F) не се достапни од овој извор.

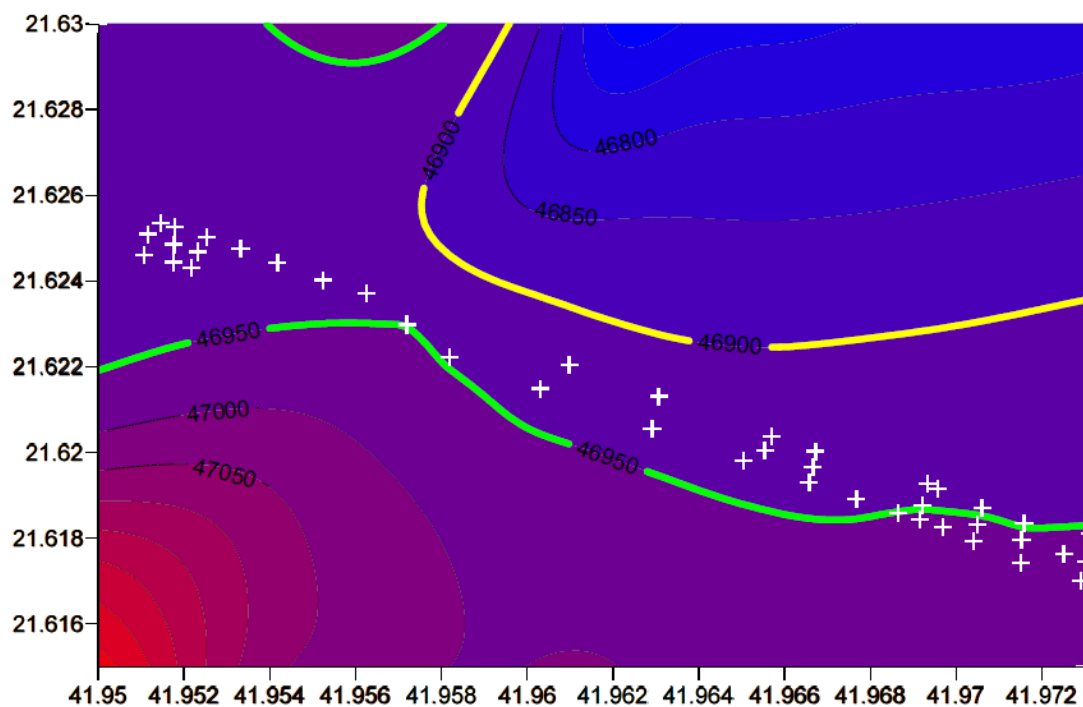
Теренски мерења

Дата	Мерен инструмент	Мерно место	Опсерватор
10.05.2011	GEOMETRICS G-856	Аеродром „Александар Велики“ полетно-слетна писта	Марјан
Висина (GPS)	Географска должина (АИП)		Географска ширина (АИП)
238.1 м	21° 37'17″ Е		41° 57'41″ N
ТОТАЛНО ПОЛЕ (F)			
Време на старт/крај	Географска должина GPS	Географска ширина GPS	Измерена вредност
08:30	21.6176238	41.9725104	46963
	21.6174550	41.9730203	46960
	21.6181200	41.9731262	46952
	21.6170027	41.9729052	46958
	21.6174340	41.9714970	46954
	21.6179588	41.9715216	46915
	21.6183610	41.9715800	46944
	21.6187140	41.9706020	46967
	21.6183180	41.9704890	46940
	21.6179320	41.9704040	46992
	21.6182520	41.9696810	46950
	21.6191630	41.9695674	46932
	21.6192670	41.9693260	46942
	21.6187710	41.9692170	46986
	21.6184330	41.9691500	46961
	21.6185910	41.9686530	46949
	21.6189170	41.9676730	46928
	21.6192990	41.9665690	46941
	21.6196560	41.9666640	46929
	21.6200320	41.9667230	46938
	21.6203820	41.9656910	46916
	21.6200400	41.9655360	46960
	21.6198070	41.9650360	46932
	21.6205680	41.9629110	46932
	21.6213150	41.9630600	46916
	21.6220330	41.9609750	46906
	21.6214930	41.9602950	46917
	21.6222120	41.9581840	46927
	21.6229850	41.9571920	47071
	21.6237040	41.9562530	46918
	21.6240260	41.9552430	46918
	21.6244260	41.9541740	46888
	21.6247550	41.9533160	46913
	21.6250240	41.9525330	46953

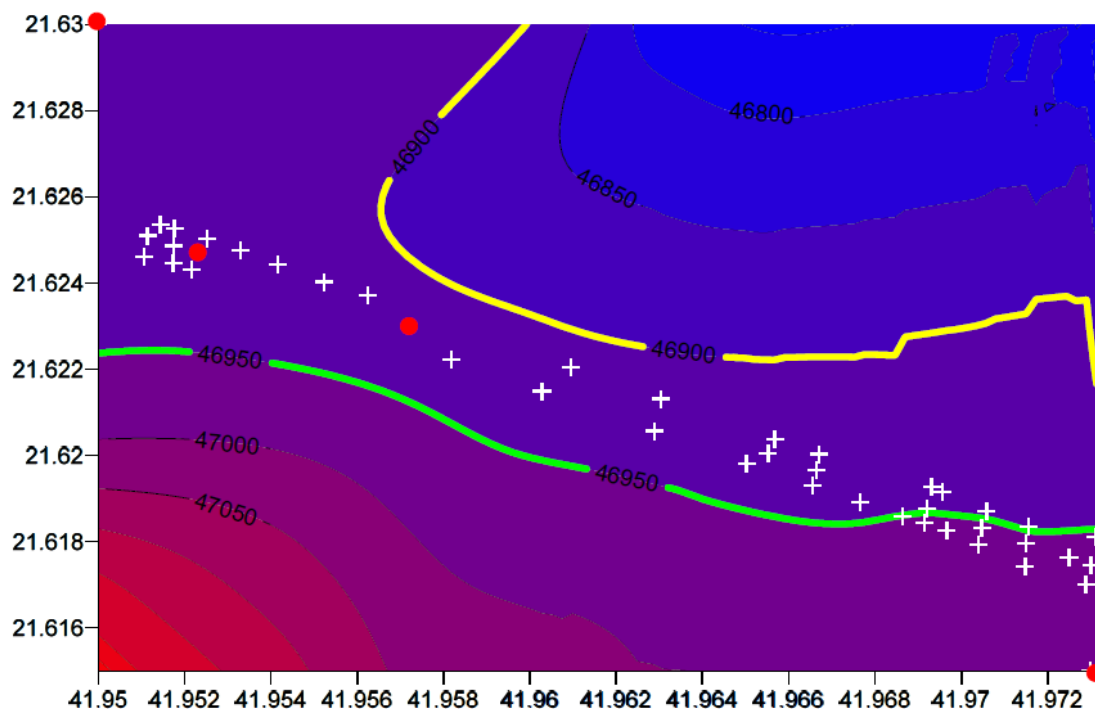
10:30	21.6246830	41.9523240	46878
	21.6243050	41.9521780	46953
	21.6244480	41.9517470	46931
	21.6248580	41.9517650	46901
	21.6252610	41.9517760	46908
	21.6253440	41.9514470	46900
	21.6251000	41.9511510	46910
	21.6246070	41.9510720	46933



Практично користење на компензациона компас роза



Споредба на изолиниите кои го покажуваат интензитетот на тоталното поле (46900 и 46950) горе - при сите референтни точки и во случај на исклучување на максималната и минималната вредност- слика подолу

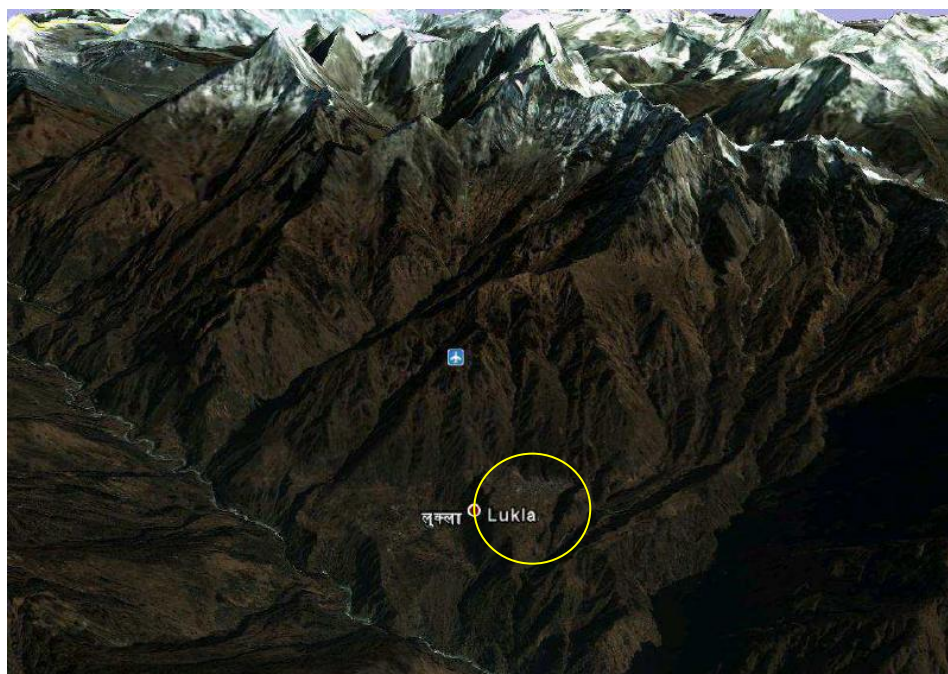
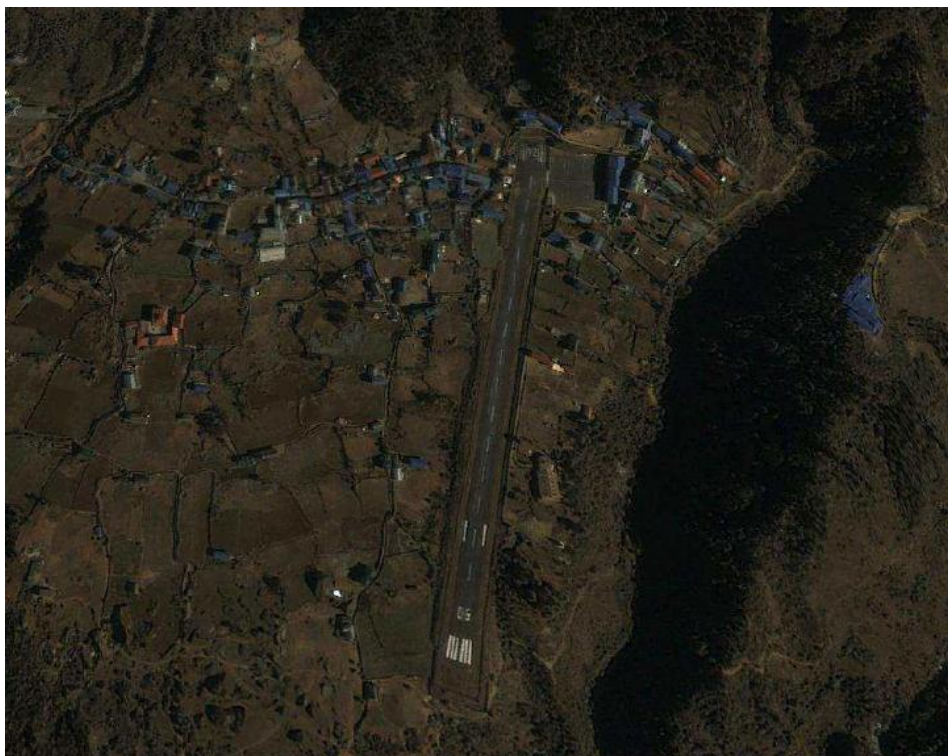


Можно ли е конструирање на компас роза на аеродромот на Гибралтар по стандардите на ФАА ?



НЕ

Има ли економска оправданост за конструирање на компас роза на аеродромот Лукла на Хималаите во Непал (2900 метра надморска висина) ?



HE

14 Користена литература (References)

- Jean L. Rasson and Todor Delipetrov (2005) Geomagnetism for Aeronautical Safety, Published by Springer
- Civil Aviation Authority (UK), 1993, CAP562 Civil Aircraft Airworthiness Information and Procedures, Part 8, Aircraft Instruments, Leaflet 8-1: Compass base surveying, 1-8; Leaflet 8-2: Compasses, 1-19; available at <http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP562RFS.pdf>
- National Oceanic and Atmospheric Administration , [Geophysical Data Center](http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/facgeom.shtml), Geomagnetism, <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/facgeom.shtml>
- U.S. Geological Survey, <http://geomag.usgs.gov>
- Докторска теза на М-р Марјан Делипетров
- Intermagnet, <http://ottawa.intermagnet.org/>
- Jean Rasson, Gerald Duma and Todor Delipetrov (2005) Geomagnetic and electromagnetic measurements and quality standards
- J.Jankowski and C.Sucksdorff (1996) Guide for magnetic measurements and observatory practice, Published by IAGA
- W.Bayot (2005) Practical guidelines for building a magnetometer,
- S.Marsal and J.M.Torta (2007) An evaluation of the uncertainty associated with the measurement of the geomagnetic field a D/I fluxgate theodolite, Published in Meas. Sci. Technol.
- IRIS Instruments (1998) The Proton Magnetic Resonance method for groundwater investigations, Published by IRIS

- L.Huggard (1970) Proton Magnetometer, Published by Wimbourne Pub.
- U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration Advisory Circular AC: 150/5300-13, Date: 29/09/89
- Rasson J. L. and Delipetrov M., *Magnetic Repeat Station Network Description*, 2004.
- Panovska S., Delipetrov T., Delipetrov B., Correlation between IGRF2000 Model and Measured Geomagnetic Data on the Territory of the Republic of Macedonia from Measurements in 2003 and 2004, XIIth IAGA Workshop on geomagnetic observatory instruments, data acquisition and processing, Belsk, Poland, June, 2006.

Лекторирал: Марија Костовска

Владко Крстевски

**ГЕОМАГНЕТНИ МЕРЕЊА НА РЕФЕРЕНТНИ ТОЧКИ НА АЕРОДРОМ
„АЛЕКСАНДАР ВЕЛИКИ“ СКОПЈЕ**

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип